

Recherche interdisciplinaire pour le développement durable

Application à différentes thématiques de territoire

et la biodiversité des espaces ruraux malgaches

Direction scientifique
Hervé Duchaufour

Editeurs scientifiques
Tantely Razafimbelo-Andriamifidy
Jacqueline Rakotoarisoa
Bruno Ramamonjisoa
Rakotondravao



Les résultats des travaux du collectif « GIROFLIER », du même nom de l'arbre introduit dans le pays au début du 19ème siècle, démontrent la forte valeur ajoutée économique de cette filière. Celle-ci est cependant conditionnée à un impératif de rajeunissement des parcs à giroflier et de rationalisation de l'exploitation de l'arbre mais également à une meilleure technologie et maîtrise de la transformation de ses produits que sont les feuilles, les clous et griffes. Les distillations artisanales opérées par les nombreux petits producteurs traditionnels s'en verraient significativement améliorées à la fois au niveau des rendements et de la qualité de la précieuse Huile Essentielle mais aussi de sa teneur en eugénol dont l'exportation fait la renommée mondiale de Madagascar.

Outre ces deux cultures de rente d'exportation traditionnelles, Madagascar gagnerait aussi à augmenter ses recettes d'exportation en valorisant sur le marché international des produits non conventionnels tel que le poivre sauvage, communément désignée poivre à queue ou « Tsiperifery ». Ce produit de niche, mal connu sur le plan scientifique, intéresse de plus en plus les pays occidentaux consommateurs de ce poivre en raison de ses qualités organoleptiques et ses saveurs exceptionnelles. Mais la pression et l'exploitation minière exercée sur cette espèce endémique de Madagascar risque fortement de menacer la filière à peine naissante du Tsiperifery. Le collectif INNOVEPICE, créé à cet effet, souhaite trouver des solutions d'exploitations durables en menant diverses recherches spécifiques à cette espèce méconnue et orientées sur l'analyse complète, de l'amont à l'aval, de la filière : description botanique de l'espèce et sa distribution géographique ; modes de récoltes et de traitements post-récolte artisanaux ; commercialisation et enfin, caractérisation de ses propriétés aromatiques. Les quelques premiers résultats obtenus sont présentés dans cet ouvrage.

Ces deux derniers travaux de recherche sur le girofle et Tsiperifery, sont désormais regroupés aujourd'hui sous l'unique appellation « INNOVEPICE » : « **Innovons dans la filière « Epices » malgache** ».

Les cacaoyères du Sambirano Des produits à fort potentiel qualitatif insuffisamment valorisés

The cocoa of Sambirano Products with high quality potential under-valued



F. DESCROIX¹
J. J. RAKOTOMALALA²
E. BOUSQUET³
D. H. RAHAINGOSAMBATRA⁴
A. CHEN-YEN-SU⁵

(1) Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement - La Réunion 7 Chemin de l'IRAT, Saint Pierre

(2) Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural (FOFIFA), Département de Recherches Agronomiques, BP 1444, Antananarivo 101, Madagascar

(3) Montpellier SupAgro, 2 Place Pierre Viala 34060, Montpellier Cedex 02 France

(4) Université d'Antananarivo - Faculté des Sciences, Département de Biologie et Ecologies Végétales, BP 906 Antananarivo 101, Madagascar

(5) Université de La Réunion - UFR des Sciences et Technologies, Saint Denis Campus Universitaire de Moufia, 15 Avenue René-Cassin CS 92 003, Saint Denis Cedex 9

Résumé

Malgré des caractéristiques organoleptiques très appréciées par les chocolatiers, la grande majorité des productions de cacao malgaches est achetée en « cacao standard » aux petits paysannats. Seules les plantations industrielles mettent en marché du cacao de qualité supérieure.

Le cacao de Madagascar figure parmi les rares cacaos fins de la planète. Peu d'études concernant la filière cacaoyère malgache ont été réalisées. Ce travail a pour but de mettre en lumière des liens pouvant exister entre les modes de transformation post-récolte des divers producteurs de fèves de cacao et leur qualité sensorielle.



Deux études conduites dans le Sambirano en 2013 dans le cadre du réseau de coopération scientifique en océan Indien QualiREG¹ ont permis de faire un point sur les vergers cacaoyers et sur les procédés de transformation dans les différentes zones du Sambirano et les différentes structures de production du petit paysan à la plantation industrielle.

Ces études remettent en cause les affirmations communément publiées que le verger cacaoyer est en déclin et que le cacao du Sambirano se dégrade par manque d'encadrement et de compétence des petits producteurs. Elles montrent en effet l'intérêt des familles rurales pour le produit cacao puisque ces dernières sans appui technique ni aide financière cultivent et rénovent à leur rythme les cacaoyères par la mise en œuvre de dispositifs de plantation et de pratiques culturelles comparables à ceux des compagnies industrielles. Les échantillons provenant de divers producteurs de la région du Sambirano (Madagascar) ont été comparés du point de vue biochimique et sensoriel. Les analyses sensorielles et chimiques ont confirmé la qualité des cacaos malgaches et ont montré que les procédés de transformation du cacao mis en œuvre par les paysans, principalement en sacs, permettent d'obtenir des produits de qualités biochimique et sensorielle équivalentes à celle du procédé suivi par les industriels, lorsque la durée de fermentation est de 5 à 6 jours

L'augmentation d'année en année des produits de moindre qualité quel que soit le type d'exploitation découle non d'une méconnaissance par les paysans mais de fécondations croisées entre Forastero et Trinitario et d'une forte demande en cacao standard pour laquelle les producteurs et les collecteurs réduisent la durée de fermentation. Il convient d'enrayer cette dégradation continue par la distribution massive d'un matériel végétal Trinitario à amande claire. Ce constat milite pour une relance de la sélection variétale qui devra être suivie de la distribution de matériel végétal quantitativement et qualitativement performant.

Dans cette optique, la création de champs semenciers biclonaux et des essais de multiplication végétative par greffebouturage et embryogenèse somatique ont été démarrés dans le cadre des travaux du projet PARRUR QUALIKKO.

Abstract

Despite the organoleptic characteristics highly valued by the manufacturer of chocolate, the vast majority of Malagasy cocoa production is bought in the small farming communities as «standard cocoa». Only industrial plantations commercialize high quality cocoa. Few studies on Malagasy cocoa sector achieved over the last 20 years.

Two studies conducted, funding by QualiREG¹ in Sambirano in 2013 helped to make a point about cocoa orchards and processing methods used in different areas of Sambirano. This was done for the main categories of producers, from small family producers to the industrial plantation.

These studies question the assertions commonly published as cacao orchard is declining and the cocoa Sambirano degrades by lack of supervision and competence of small producers.

¹ www.qualireg.org

Indeed they showed the interest of rural families for cocoa products as these ones cultivate and renovate their cocoa plantation at their own pace without technical support and financial assistance. To achieve this they apply the implementation of planting devices and farming practices similar to those of industrial companies.

The samples from various producers Sambirano region (North West of Madagascar) were compared for their biochemical composition and sensory term. Sensory and chemical analyzes confirmed the quality of cocoa from Sambirano and have shown that cocoa processing performed by farmers, mainly bags allowed to obtain, when the fermentation period is 5 to 6 days, a product with biochemical and sensory characteristics equivalent to that of the process followed by large producers. The increasing year by year lower quality products, whatever the type of production structure arises not from a lack of knowledge by farmers but cross-fertilization between Forastero and Trinitario and strong demand for cocoa standard for which producers and collectors reduce the fermentation time. It is necessary to halt the continued degradation by the mass distribution of plant material Trinitario with light almond. This finding argues for a revival of varietal selection, which must be followed by the distribution of high performance plant material quantitatively and qualitatively. In this goal, the implantation of biclonal fields and trial cloning using embryogenesis and graft-cutting techniques were took off.

Introduction

ORIGINES DU CACAO DANS LE MONDE

Le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) est un arbre originaire du continent américain. D'après Cheesman² (1944), il proviendrait de la Haute Amazonie dans une zone comprise entre les rivières Napo, Putumayo et Caqueta, qui prennent naissance dans les Andes équatoriennes et affluent vers le fleuve Amazone. Toutefois, même si sa dispersion a pu se faire naturellement dans toute la région de la Haute Amazonie, les données récentes indiquent que l'introduction du cacaoyer en Amérique centrale (Mexique) est probablement l'œuvre de l'homme (Motamayor et al., 2002). L'histoire du cacaoyer remonte à celle des Indiens d'Amérique centrale, qui considéraient le cacao comme un élixir divin. Sa culture s'est répandue successivement grâce aux civilisations Olmèques, Mayas et Aztèques. D'après les sources de la linguistique historique, le premier utilisateur du cacao a été le peuple Olmèque. Le mot « cacao », prononcé kakawa à l'origine, est un mot emprunté à la famille linguistique mixe-zoque. Les linguistes le situent environ 1000 ans avant Jésus-Christ (J.C.) en usage à l'apogée de cette civilisation³.

Le peuple Olmèque est considéré comme l'origine de toutes les civilisations apparues en Amérique centrale, incluant les Mayas et les Aztèques. Les Olmèques ont commencé à s'installer au Sud du Mexique dans la région de « Soconusco » connue aujourd'hui comme l'état de Chiapas, Veracruz et aussi à Tabasco, environ 1500 ans avant J.C.⁴

² Cheesman EE. 1944. Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cacao populations. Trop Agric 21 : 144-159.

³ Justeson JS, Norman WM, Campbell L. and Kaufman T., 1985. The Foreign Impact on Lowland Mayan language and Script. Middle American Research Institute Publication 53.

⁴ Stone D. 1984. Pre-Columbian migration of *Theobroma cacao* Linnaeus and *Manihot esculenta* Crantz from Northern South America into Mesoamerica: a partial hypothetical view. In: Pre-Columbian Plant Migration. Cambridge, MA, Harvard University Press. Pp. 67-79, 81-83.

Le cacao était traditionnellement utilisé par les indigènes du Mexique et d'Amérique centrale, notamment les Aztèques et les Mayas. Dans la haute société Maya, les cérémonies funéraires étaient grandioses et le défunt était gratifié d'offrandes particulières qui l'accompagneraient dans sa vie future (Coe, 1973 ; Reents-Budet, 1996).

Des analyses chimiques réalisées dans une tombe Maya découverte à Río Azul (Guatemala), ont démontré qu'elle avait contenu du cacao. Une très belle pièce fut même trouvée représentant le « transfert » du chocolat d'un récipient à l'autre pour le faire mousser.

Un historien spécialiste des Mayas (Ted lock, 1993), remarque que le cacao et les boissons à base de chocolat avaient un usage répandu et une grande importance dans les rituels de guerre, les danses, les banquets et pendant les cérémonies de mariage dans la classe dirigeante des Mayas. Les Mayas préparaient cette boisson en agrégeant divers produits (piment, miel, fleurs, gingembre, vanille, maïs cuit, et herbes) à température froide, tiède ou chaude.

Le cacao était la marchandise la plus importante, et les fèves de cacao servaient également de monnaie pour soutenir le vaste commerce existant entre les différentes cités Mayas. A Cacaxtla, actuel état de Tlaxcala (Mexique), se trouve une fresque représentant le dieu des marchands (EK Chuah ou dieu L) faisant une halte sur le chemin, debout en face d'un cacaoyer. Les espagnols, qui rencontrèrent pour la première fois le cacao dans les Caraïbes en 1494 l'appellèrent « théobroma cacao ». Théobroma signifiant nourriture des dieux. Ils ne fixèrent leur attention sur la fève qu'à partir de la conquête du Mexique. Si son adoption connut un immense succès au sein de l'élite coloniale, c'est parce que les Espagnols transformèrent la recette de la boisson pour l'adapter à leurs goûts. Après la colonisation du Mexique, le cacao fut exporté vers les métropoles européennes. C'est d'abord chez les élites européennes que le chocolat se diffusa, sous forme de boisson mais aussi de confiseries. La boisson suscita rapidement la méfiance de l'église car le chocolat était connu pour être aphrodisiaque (Méndez et Agueda, 1998).

LA PRODUCTION DE CACAO AUJOURD'HUI

Le cacao (*theobroma cacao*), l'espèce est répartie en trois types : Criollo d'Amérique centrale et du Mexique, Forastero d'Amazonie et Nacional d'Equateur, plus un hybride Trinitario de Trinidad. La consommation en cacao connaît une augmentation annuelle constante supérieure à 3 %. L'entrée sur le marché du cacao de nouveaux pays consommateurs de chocolat, comme la Chine et l'Inde, est prometteuse.

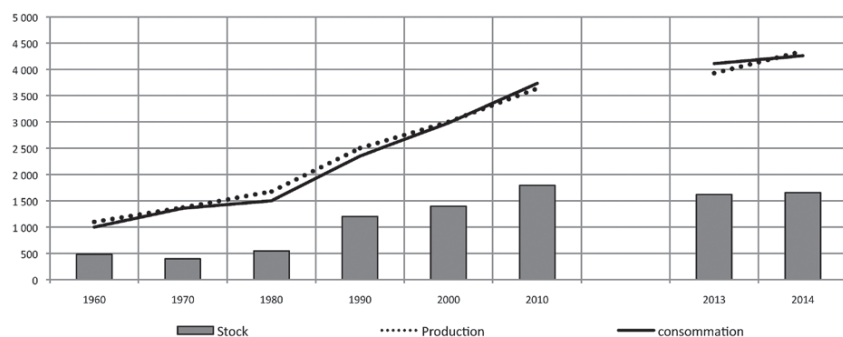


Figure 1 : Evolution de la production, consommation et stocks de cacao en K tonnes

Le cacao à Madagascar

L'INTRODUCTION DU CACAOYER À Madagascar

En débarquant à Sainte-Marie, le Commandant particulier... Lui-même fit sans tarder préparer un terrain d'essais, au lieu-dit Ambodifototra. Le 10 avril 1823, le jardinier-botaniste LE Nouc adressait à Bréon, nommé directeur du jardin royal de Bourbon, une demande variée : deux pieds de Poivriers, deux Pommiers (Reinette et Cal ville), Cerisiers, deux Vanganayers (Mandariniers), deux pieds de Vigne muscat, des baies de Girofle et de Cacao. Sous la direction de LE Nouc le jardin d'essais put enfin se développer. En 1824, sur l'habitation royale les Cacaoyers sont représentés par 700 individus de deux pieds de hauteur⁵.

Dans la région Est, l'agriculture est très développée car la colonisation européenne a débuté dans la région bien avant la conquête. Des colons de l'île Maurice et de la Réunion y avaient installé de superbes plantations, souvent de compte à demi avec la Reine et le premier Ministre : tels Arnoux, de Lastelle, Lambert. Aujourd'hui le planteur européen cultive le Caféier (un peu partout), la Vanille (Maroantsetra, Antalaha), le Giroflier (Sainte-Marie), le Cacaoyer (Tamatave, Vatamandry), l'Ylang-ylang (un peu partout), la Canne à sucre (Tamatave). En 1905 la région Est malgache représentait 308 725 cacaoyers qui ont produit 83,5 tonnes de cacao en 1919 et 54,5 tonnes en 1920⁶.

Dans la Région du Sambirano, de hardis particuliers et des sociétés se sont installés et cultivent le Manioc, le Cocotier, la Vanille, le Bananier, l'Oranger, le Mandarinier, le Citronnier avec succès ; ils commencent par la suite à planter des Cacaoyers. Les premiers cacaoyers sont plantés par Monsieur Millot, la souche provenait du jardin botanique de Buitenzorghe de Java. Comme les premiers arbres de cacao arrivés dans l'Asie du sud-est l'ont été aux Philippines entre 1660 et 1670⁷ et qu'ils y ont été amenés d'Acapulco au Mexique, où était basée la flotte de Manille, il est raisonnable de penser que la provenance du cacaoyer à Java pourrait être le sud des Philippines (François RUF)⁸.

Vers les années 1920, la variété Forastero, une variété géante, productive mais dont les fèves sont de qualité médiocre, fut introduite à son tour pour remédier au manque de productivité du criollo. Plus de 75 % des arbres plantés dans les années 20 appartiennent à cette variété. En 1938 Madagascar exportait 3100 tonnes de cacao⁹.

LA CULTURE DU CACAOYER AUJOURD'HUI

Entre les années de 1960 et 1972, l'Institut Français du Café et du Cacao, organisme français de recherche œuvrant sur les plantes stimulantes à Madagascar, avait orienté 90 % de ses activités, sur les croisements Forastero x Criollo afin d'obtenir des Trinitario adaptés à la région du Sambirano.¹⁰

⁵ Les débuts de la colonisation agricole à l'île Sainte-Marie de Madagascar. In : Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale. 17^e année, bulletin n°192-193, Août-septembre 1937. pp. 610-618.

⁶ Ressources naturelles à Madagascar et évolution de l'Agriculture dans l'île D'après A. DANDOUAU (1922).

⁷ <http://choco-story-brugge.be/FR/indonesie.htm>

⁸ <https://books.google.com/books?isbn=2865375943> François Ruf - 1995 - Agroforestry.

⁹ L'œuvre agricole de la France à Madagascar. Par ED François, Gouverneur des Colonies, ancien Inspecteur général de l'Agriculture.

¹⁰ Rapports annuels IFCC Ambanja 1960-1972.

La sélection et la vulgarisation d'hybrides Trinitario à fort pourcentage d'amandes blanches (de type Criollo) a été poursuivie par FOFIFA jusqu'en 1980¹¹. Durant cette période, les plantations coloniales cédèrent la place aux grandes sociétés privées et les petits exploitants malgaches commençaient à planter le cacaoyer. Des programmes de multiplication végétative par bouturage des hybrides sélectionnés ont été mis en œuvre jusqu'au milieu des années 80 avec des fonds attribués par la CEAMP (Caisse d'Équipement Agricole et Modernisation du Paysannat), mais l'offre ne satisfaisait pas la demande. Du coup, l'extension des plantations reposait sur des plants provenant de semences d'hybrides. La disjonction des caractères dans ces descendance est telle que les vieilles cacaoyères malgaches sont encore actuellement occupées aussi bien par les 3 variétés classiques, que par une multitude de génotypes intermédiaires, situation quasi unique dans le monde.

Malgré cette forte variabilité, du fait de l'effet terroir, mais aussi de la prépondérance d'hybrides Trinitario, à haut pourcentage de fèves à amandes blanches, sélectionnés dans les années 70-80, le cacao de Madagascar est encore considéré comme étant parmi les meilleurs du monde (obtention du label « Cacao Fine » de l'Organisation Internationale du Cacao).

Aujourd'hui la culture du cacao est concentrée dans la vallée du Sambirano (95 % de la production malgache) qui se situe dans le Nord-Ouest de Madagascar, dans la région de Diana. Protégé des alizés desséchants du Sud-Est par le massif montagneux Tsaratanana, le Sambirano bénéficie de paramètres climatiques favorables à la cacaoculture : un climat tropical chaud et humide avec une température moyenne annuelle de 26°C et des amplitudes thermiques (maxima de 30-34°C et des minima de 17-22°C) et une pluviométrie moyenne supérieure à 2500 mm. Les mois les plus arrosés sont janvier et février. La saison sèche, plus fraîche, s'étend de mai à octobre.

Avec 23796 hectares¹² le verger cacaoyer du Sambirano, installé sous un couvert forestier, est réparti entre quelques dizaines de milliers de familles rurales et des plantations industrielles héritées des sociétés coloniales de plantation. L'économie du District d'Ambanja repose essentiellement sur le secteur primaire qui est basée sur les cultures d'exportation (cacao, poivre, café, vanille et plantes à parfum), sur la riziculture et de moindre proportion sur l'élevage et la pêche. En 2006, les acteurs du secteur primaire pratiquent jusqu'à 86 % l'agriculture, 9 % l'élevage et 5 % la pêche (Randrianirina, 2008).

De par sa superficie, ce verger cacaoyer est l'un des plus petits des pays producteurs de cacao dans le monde mais de par sa constitution en matériels végétaux, il est l'un des rares qui disposent d'un très bon potentiel qualitatif. La production annuelle malgache, estimée entre 5 000 et 6 000 tonnes de cacao marchand (1 et 1,5 % de la production mondiale), ne peut rivaliser avec les grands pays producteurs et doit miser sur son potentiel qualité. Le cacao du Sambirano est réputé pour ses caractéristiques aromatiques aux notes acidulées et fruitées.

Outre un revenu significativement supérieur aux autres produits d'exportation, le cacao présente l'avantage de procurer aux familles rurales un revenu significatif dix mois sur douze (Figure 2). Sur le plan écologique, cette filière d'exportation présente l'indéniable avantage d'une production agroalimentaire sous couvert forestier. Ce dispositif sera préservé de la pratique de l'agriculture sur brûlis communément suivie dans de nombreuses régions malgaches tant que cette production sera économiquement plus intéressante pour les familles rurales que les autres productions agroalimentaires.

¹¹ Rapports annuels FOFIFA 1974-1980.

¹² Michel DUGUAUGEZ (in Rapport de mission, PIC 2, 2015)

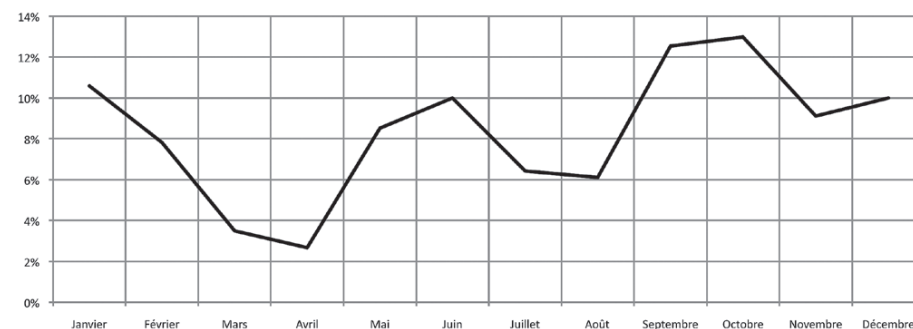


Figure 2 : Evolution mensuelle des productions en fèves fraîches pour la période 1999-2014 pour les plantations Akesson Organic (SOMIA) et Millot

SITUATION DE LA CACAOCULTURE DANS LE SAMBIRANO SELON LA LITTÉRATURE

Le Sambirano est remarqué pour avoir un cacao très caractéristique, à fort potentiel qualitatif, notamment du fait de la présence dans les vergers de la variété Criollo et de l'hybride Trinitario, au potentiel qualitatif bien supérieur à la variété Forastero, cultivée dans les principaux pays producteurs. Cependant, une grande majorité des productions est vendue en cacao standard (soit un cacao de moindre qualité à moindre prix). De nombreux rapports depuis la fin des années 1990 affirment que le désengagement de l'État et l'insuffisance de moyens des structures étatiques privent les paysans d'appui technique, de formation, d'accès aux semences et aux intrants. Ce qui serait la cause d'une faible productivité des cacaoyères.

Objectifs et réalisations du Projet Qualikko

Deux axes prioritaires ont été proposés par le projet PARRUR « QualiKKO » pour redynamiser la cacaoculture malgache. Ils visent (i) à accroître rapidement le volume de cacao haut de gamme et (ii) à amoindrir à moyen terme la trop importante diversité végétale des vergers.

DIVERSITÉ DES VERGERS ET DES PROCÉDÉS POST-RÉCOLTES

Pour pouvoir apprécier l'impact des interactions « dispositifs de plantations/procédés post-récoltes/différentes catégories de fèves » sur la qualité des produits finis, deux volets de recherches exploratoires ont été effectués :

Lors du premier passage de F. Descroix dans le Sambirano, en décembre 2012, les observations et entretiens réalisés chez et avec des paysans et des opérateurs de la filière, ont fait percevoir une inadéquation entre les informations observées et recueillies et celles de la littérature que l'on eut résumer ci-après :

- Les paysans, sans encadrement depuis de nombreuses années, méconnaissent la culture cacaoyère et les procédés de transformation primaire ;
- Les vergers cacaoyers paysans présentent une majorité de cacaoyers Forastero de moindre potentiel qualitatif que les vergers des groupes industriels composés principalement de Criollo et de Trinitario ;
- La faible production de la cacaoyère chez les petits producteurs en comparaison avec les entreprises industrielles serait due à plusieurs facteurs notamment le vieillissement des arbres, la disparition des arbres d'ombrage, la pratique d'autres cultures dans la cacaoyère, le manque d'entretien, l'indisponibilité des moyens financiers chez les paysans ;
- Les groupes industriels produisent du cacao supérieur tandis que les paysans du cacao standard par manque d'unités de transformation adaptées et principalement de magasins de stockage.

Aussi, deux études ont été mises en place pour faire un point sur l'état des vergers cacaoyers et sur les procédés de transformation mis en œuvre dans le Sambirano.

- Une première intitulée : Etude des dispositifs de culture de cacaoyers dans le Sambirano par l'évaluation de leur potentiel de productivité et l'appréciation de la qualité des produits (Rahaingosambatra Dina Harisoa pour obtenir le diplôme d'études approfondies de l'Université d'Antananarivo). Cette étude a été réalisée dans le cadre du réseau QualiREG sur financement POCT Réunion¹³ dans le cadre d'une collaboration du DP « Forêts et Biodiversité à Madagascar et du DP « Co-conception de système agroalimentaires de qualité du Cirad la Réunion », sous la co-direction pédagogique et scientifique de Messieurs Jean Jacques Rakotomalala du FOFIFA et Frédéric Descroix (CIRAD-Réunion).
- Une seconde intitulée : Caractérisation et éléments de différenciation des cacaos dans la vallée du Sambirano à Madagascar (Elisa Bousquet pour obtenir le diplôme d'ingénieur de Montpellier SupAgro en Systèmes Agricoles et Agroalimentaires Durables au Sud). Cette étude a été également réalisée sur financement QualiREG (POCT Réunion 2008-2013) dans le cadre d'une convention de stage entre Montpellier SupAgro, institut des régions chaudes et le CIRAD Persyst, DP « Co-conception de systèmes agroalimentaires de qualité du Cirad la Réunion » sous la direction scientifique de Frédéric DESCROIX (CIRAD-Réunion).

Etude 1 : les dispositifs de culture du cacao dans le Sambirano en 2013

Comme les dernières données fiables datent des années 1970, les objectifs spécifiques ont consisté à faire une actualisation de la situation en 2013 par la caractérisation des dispositifs de plantations dans les principales structures de productions et les différentes zones du Sambirano dans le but de déterminer les éléments pour l'amélioration quantitative et qualitative de la production.

Méthodologie de l'étude des dispositifs de culture du cacao

L'étude a considéré les dispositifs de plantations dans 4 structures de productions : groupe industriel (SOMIA), producteurs membres de coopératives (ADAPS), producteurs familiaux (indépendant), des cacaoculteurs non rencontrés nommés « inconnus ».

Tableau 1 : Ventilation des placettes selon les zones et les structures de production

Opérateurs Zones	ADAPS	Indépendant	Inconnu	SOMIA	Total
A HSM	14	7	2	0	23
A SM	0	0	0	21	21
BS	2	4	1	0	7
MS	3	0	3	0	6
HS	0	1	6	0	7
O	0	1	2	0	3
S	4	6	3	0	13
TOTAL	23	19	17	21	80

La cacaoyère du Sambirano a été découpée en 7 entités géographiques (Carte 1 et Photo 1-2) : le Sud d'Ambanja (S), la RN 6 d'Ambanja à Mailakapasy, l'Ouest (O) entre Hantsahampano et la baie d'Andamoty, les vergers de la SOMIA (A SM), la périphérie d'Ambanja hors vergers industriels (A HSM), le bas Sambirano (BS) de la sortie d'Ambanja jusque Ambobaka, le moyen (MS) Sambirano de Ambobaka jusque Maevatanana, le Haut Sambirano (HS) de Maevatanana jusque Marovato.

Des inventaires ont été réalisés dans 80 placettes de 100 m² chacune. Le tableau 1 relève le nombre de placettes étudiées suivant les structures de production et les zones.

Arbres d'ombrage au-dessus des cacaoyers

Les relevés des comptages des arbres d'ombrage ont été réalisés selon les zones et les structures. Le nombre d'arbres a été calculé à l'hectare (arbres comptés/100×10000). Les tableaux 2 et 3 ci-après donnent trois groupes pour le test de Fisher au seuil de 5 % tant pour les zones que pour les opérateurs.

Tableau 2 : Inventaire des arbres d'ombrage dans la cacaoyère selon les zones

Zones	Arbres/ha	Écartements en mètres	Fisher 5 %
BS	200,0	7,1 x 7,1	A
A HSM	190,0	7,2 x 7,2	A
S	138,5	8,5 x 8,5	AB
A SM	123,8	9,0 x 9,0	AB
MS	100,0	10,0 x 10,0	AB
HS	71,4	12,0 x 12,0	B
O	66,7	12,25 x 12,25	B

¹³ Programme Opérationnel de Coopération Territoriale (2008-2013) co-financé par l'Union Européenne (FEDER), l'Etat Français (FCR), le Conseil Régional de la Réunion et CIRAD



La surface moyenne au sol couverte par les arbres d'ombrage est :

- de 50 m² dans le bas Sambirano avec 28 % d'*Albizia lebbbeck*, 21 % de *Cananga odorata*, 15 % de *Albizia saman*, 15 % de *Mangifera indica*, 15 % d'*Artocarpus heterophyllus* et 6 % de *Ceiba pentandra*. 10 % de ces arbres ont une hauteur < 12 mètres, 80 % une hauteur comprise entre 12 et 20 m et 10 % une hauteur > 20 mètres ;
- de 52 m² en périphérie d'Ambanja hors groupes industriels avec 43 % d'*Albizia lebbbeck*, 24 % de *Albizia saman*, 6 % de *Spathodea campanulata*, 6 % d'*Artocarpus heterophyllus*, 3 % de *Terminalia mantaly*, 3 % de *Ceiba pentandra*, 3 % de *Ficus sp.* et environ 2 % d'autres espèces comme *Senna siamea*, *Spondias dulcis*, *Mangifera indica*, *Castilla elastica*, *Cananga odorata* et *Artocarpus altilis*. 33 % des arbres ont une hauteur < 12 mètres, 34 % une hauteur comprise entre 12 et 20 m et 33 % une hauteur > 20 mètres ;
- de 72 m² dans le sud, avec 29 % de *Albizia saman*, 24 % d'*Artocarpus heterophyllus*, 23 % d'*Albizia lebbbeck*, 6 % de *Senna siamea*, 6 % *Spathodea campanulata*, 6 % de *Artocarpus altilis* et 6 % de *Cananga odorata*. 34 % des arbres ont une hauteur < 12 mètres, 33 % une hauteur comprise entre 12 et 20 m et 33 % une hauteur > 20 mètres ;
- de 80 m² pour le groupe industriel, avec 47 % de *Albizia saman*, 37 % d'*Albizia lebbbeck*, 5 % de *Ficus sp.*, 6 % *Senna siamea* et 5 % *Castilla elastica*. 34 % des arbres ont une hauteur < 12 mètres, 33 % une hauteur comprise entre 12 et 20 m et 33 % une hauteur > 20 mètres ;
- De 100 m² dans le moyen Sambirano avec 50 % d'*Albizia lebbbeck*, 17 % de *Albizia saman*, 17 % d'*Artocarpus heterophyllus* et 16 % de *Terminalia mantaly*. 17 % des arbres ont une hauteur < 12 mètres, 66 % une hauteur comprise entre 12 et 20 m et 17 % une hauteur > 20 mètres ;
- de 140 m² dans le haut Sambirano avec 75 % d'*Albizia lebbbeck*, 25 % de *Syzygium sp* et 25 % de *Ceiba pentandra*. 60 % des arbres ont une hauteur < 12 mètres, 40 % une hauteur comprise entre 12 et 20 mètres ;
- de 150 m² dans l'Ouest. avec 50 % de *Cananga odorata* et 50 % de *Albizia saman*. 33 % des arbres ont une hauteur < 12 mètres, 34 % une hauteur comprise entre 12 et 20 m et 33 % une hauteur > 20 mètres.

Excepté dans l'Ouest où 50 % des arbres sont des *Cananga odorata* (Ylang Ylang) à frondaison réduite, les niveaux d'ombrage sont satisfaisants si nous considérons l'âge et de la frondaison des arbres d'ombrage. Des différences sont toutefois relevées suivant la répartition géographique.

Tableau 3 : Inventaire des arbres d'ombrage dans la cacaoyère selon les structures de production

Opérateurs	Arbres/ha	Ecartement en m	Fisher 5 %
ADAPS	182,609	7,4 x 7,4	A
Indépendant	136,842	8,6 x 8,6	AB
SOMIA	123,81	9,0 x 9,0	B
Inconnus	105,882	10,2 x 10,2	B

Bien que significativement différent à 5 % pour le test de Fisher, l'ombrage au-dessus des cacaoyers est satisfaisant quelle que soit la structure de production quand nous considérons l'âge et la frondaison des arbres d'ombrage. Les chiffres moyens montrent un nombre d'arbres par ha sensiblement plus faible dans la structure industrielle (21 placettes) et chez les producteurs inconnus (17 placettes), alors qu'il est plus important chez les producteurs de l'ADAPS et les indépendants (42 placettes).

Cet inventaire et les observations in situ montrent qu'il n'y a pas de réduction du nombre d'arbres d'ombrage chez les producteurs familiaux. Cet agrosystème forestier paysan est un mode d'exploitation et de conservation soutenables qui s'oppose au système de cultures sur abattis-brûlis (« tavy ») qui prédomine en zone périforestière.

Densité en cacaoyers/ha

La densité cacaoyère est de l'ordre de 900 pieds par hectare en moyenne pour 5 des 6 zones. Dans la zone O, l'importante différence entre la moyenne (633) et la médiane (800) montre que de nombreuses cacaoyères de cette zone ont des densités faibles en cacaoyers ou plus précisément de multiples plages sans cacaoyers dans les vergers.

La densité de cacaoyers par hectare est de 900 pieds ou plus dans 50 % des cacaoyères (médiane) pour toutes les structures de production.

Tableau 4 : Densité en cacaoyers par ha selon les zones

	O	MS	HS	BS	AHS	ASM
Médiane	800,0	900,0	900,1	900,1	909,1	932,6
Moyenne	633,6	888,6	891,9	1041,5	924,7	900,7

Tableau 5 : Densité en cacaoyers par ha selon les structures de productions

	ADAPS	Inconnus	Indépendants	SOMIA
Médiane	900,0	900,0	1 000,0	932,6
Moyenne	872,1	851,0	1 060,8	907,0

L'étude montre que les cacaoyères des petits producteurs ont une densité proche de 900 cacaoyers par hectare, équivalente à celle du groupe industriel. Notons que les indépendants appliquent des densités plus élevées qui correspondent à des écartements de 3 x 3 m couramment pratiqués dans d'autres pays producteurs de cacao.

Estimation de l'âge des cacaoyers

L'âge est estimé par le diamètre du tronc à 1 mètre de hauteur combiné avec la hauteur de l'arbre. Trois classes d'âge ont été considérées : de 0 à 10 ans - cacaoyers juvéniles entrant en production, de 10 à 20 ans - cacaoyers adultes en production, plus de 20 ans - cacaoyers adultes susceptibles de connaître une diminution des productivités.

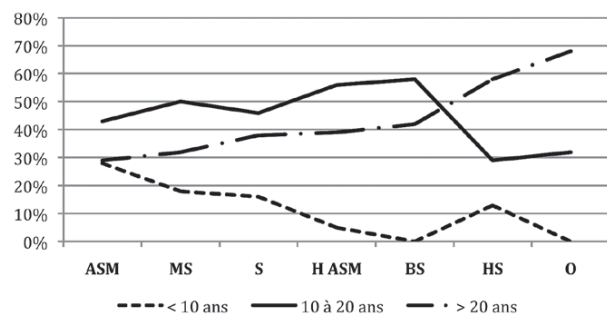


Figure 3 : Cacaoyers par tranche d'âge selon les zones

Du fait de sa disponibilité en foncier et de la stratégie de rénovation mise en œuvre ces dernières années, les vergers de la SOMIA ont aujourd'hui environ 30 % de jeunes vergers (< 10 ans) et 30 % de vieux vergers (> 20 ans). Ainsi cette compagnie industrielle a plus de jeunes cacaoyers par rapport aux paysans qui cependant rénovent ou étendent leurs vergers dans les zones du Sud, du haut et du moyen Sambirano. En effet notons la présence de jeunes cacaoyers (< 10 ans d'âge) dans les cacaoyères paysannes du MS, S, H ASM et HS. Dans le Bas Sambirano et en périphérie d'Ambanja, pourtant proche de la ville, les familles rurales donnent priorité aux cacaoyers dont un fort pourcentage de cacaoyers ont moins de 20 ans. La demande en vivriers de la ville d'Ambanja ne favorise pas la replantation cacaoyère dans l'Ouest, et le bas Sambirano. L'enquête a révélé que dans l'Ouest, les producteurs préfèrent accorder leur terrain et leur temps de travail aux cultures vivrières pour satisfaire la demande en vivriers, ceci en remplacement de la mortalité des vieux arbres.

Etat physiologique des frondaisons des cacaoyers

L'état physiologique des frondaisons a été évalué par l'observation de l'importance du nombre de feuilles et de leur état sanitaire.

Le Figure 4 montre que près de 80 % des cacaoyers ont un bon état physiologique pour le S, MS, H ASM et ASM, 70 % pour HS et BS. Seule la zone O présente des cacaoyers à la frondaison dégradée.

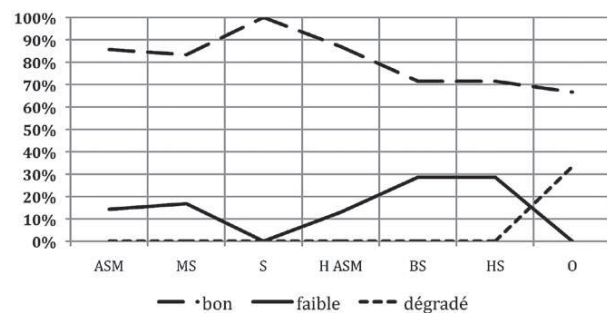


Figure 4 : Etat des frondaisons des cacaoyers

ASM : SOMIA,
MS : Moyen Sambirano,
S : Sud d'Ambanja,
H ASM : Périphérie d'Ambanja
hors SOMIA,
BS : Bas Sambirano,
HS : Haut Sambirano,
O : Ouest

Cultures vivrières en association avec les cacaoyers

L'analyse par zone relève (Figure 5) que dans la zone Ouest proche d'Ambanja, les producteurs pratiquent des cultures vivrières en moyenne sur 16 % des surfaces en cacaoyers. Dans les autres zones, A HSM, BS, A SM, ils les pratiquent sur 3,5 à 8,8 % des surfaces cacaoyères. Notons aussi que dans le MS et HS cette pratique est négligeable ou nulle.

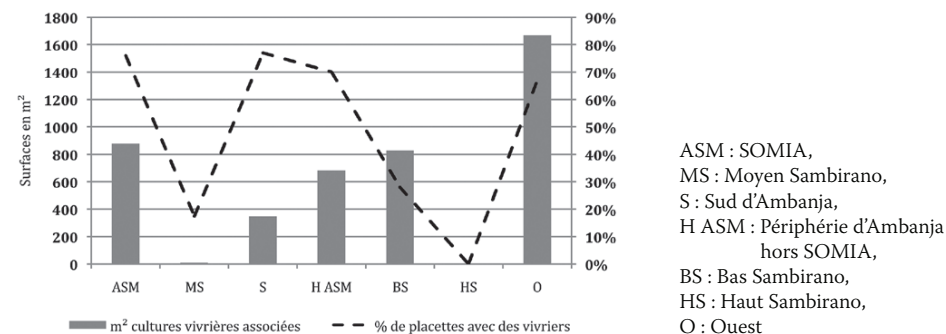


Figure 5 : Cultures vivrières dans la cacaoyère par zone

Ainsi, globalement, la pratique par les villageois d'autres cultures dans la cacaoyère est plus fréquente à proximité d'Ambanja mais peu ou pas pratiquée dans les zones éloignées de ce centre consommateur. Dans ces zones éloignées, elle découle de la distance et des difficultés de transport des produits vivriers vers les marchés consommateurs.

L'analyse de variance sur la surface moyenne occupée par les cultures associées par ha entre les structures de production ne donne pas de différence significative ($p = 0,424$). La SOMIA et les paysans indépendants pratiquent plus de cultures associées, respectivement 878 et 796 m²/ha (Figure 6).

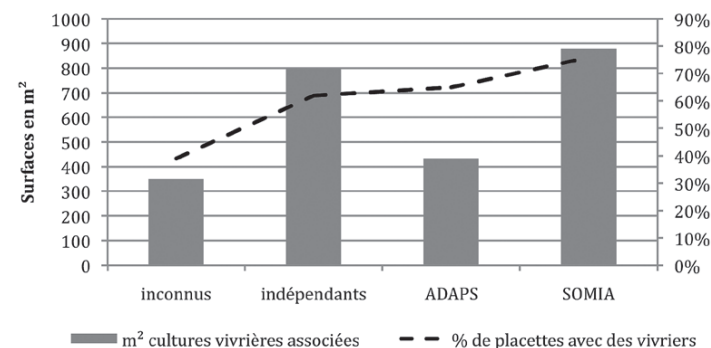


Figure 5 : Cultures vivrières dans la cacaoyère par zone

ASM : SOMIA,
MS : Moyen Sambirano,
S : Sud d'Ambanja,
H ASM : Périphérie d'Ambanja
hors SOMIA,
BS : Bas Sambirano,
HS : Haut Sambirano,
O : Ouest

Nous devons préciser que le groupe industriel favorise la pratique de ces associations (notamment le bananier) pour l'alimentation de ses salariés pendant les heures où ils travaillent dans les vergers.

La pratique de cultures associées, dans les vergers cacaoyers des petits producteurs, qui mettrait en péril la production cacaoyère paysanne ne se vérifie donc pas.

Charge en fruits dans la période de l'étude

Les comptages de cabosses-chêrelles, dans la période de l'étude, ne peuvent donner qu'une indication de la production des cacaoyers laquelle s'étale pendant 10 mois sur 12. Il n'est donc pas possible de calculer la productivité par hectare à partir de ces comptages.

Le test Fisher (Tableau 6) différencie quatre groupes pour la charge en cabosses selon les zones : le Moyen Sambirano et SOMIA (A) ont la plus forte charge en cabosses par ha. Le deuxième groupe (AB) correspond au S ; le troisième groupe (B) est formé par BS, HS et H ASM ; le dernier groupe (C) par l'Ouest.

La région Ouest avec une charge en cabosses beaucoup moindre que les autres est la résultante des différents paramètres du rendement précédemment étudiés comme un nombre d'arbres d'ombrage et de cacaoyers moins important et un fort pourcentage de frondaisons dégradées.

Tableau 6 : Charge en cabosses et chèreselles¹⁴ par ha selon les zones dans la période 5 avril au 30 juin

Zones	Cabosses	Chèreselles	Fisher 5 % (cabosses)
MS	5 518,2	2905,7	A
ASM	5 016,9	1900,5	A
S	4 654,3	1764,5	AB
BS	4 238,9	6884,3	B
HS	4 174,0	6591,1	B
H ASM	4 188,9	4272,1	B
O	2 269,3	1742,4	C

Tableau 7 : De la charge en cabosses et chèreselles par ha selon les opérateurs

Zones	Cabosses	Chèreselles	Fisher 5 %
SOMIA	5016,9	1904,7	A
Inconnus	4527,3	5744,2	A
Indépendants	4900,9	2545,9	A
ADAPS	3837,2	3750	A

¹⁴ Chèreselle est le jeune fruit d'environ 10 cm de longueur qui va évoluer en cabosse moyenne (entre le stade chèreselle et le stade adulte) puis en cabosse adulte lorsque le fruit atteint son développement maximum sans être parvenu à maturité.

Pour les opérateurs (Tableau 7) l'analyse des variances et le test de Fisher ne donnent aucune différence significative pour les rendements en cabosses+chèreselles par ha.

Pour la période considérée ces résultats ne permettent pas de confirmer les affirmations courantes qui signalent une productivité beaucoup plus faible chez les paysans que chez les industriels. Si la charge en cabosses est légèrement moindre en paysannat, elle ne permet pas de relier cette charge en fruit avec la densité de l'encadrement puisque les producteurs de l'ADAPS sont les seuls à avoir bénéficié d'un encadrement technique ces dernières années (Financements AFDI, Picardie et Nespresso).

Discussions sur l'étude 1

Les résultats de l'étude contredisent les affirmations que le verger cacaoyer est en déclin et se dégrade par manque d'encadrement. La densité d'arbre d'ombrage et la proportion révélatrice de jeunes cacaoyers dans la majorité des cacaoyères familiales montrent l'intérêt des familles rurales pour le produit cacao. Ces dernières densifient ou replantent à leur rythme leurs cacaoyères le plus souvent sans appui technique ni financier par la mise en œuvre de pratiques copiées sur les entreprises industrielles. Les densités en arbres d'ombrage et cacaoyers, l'état des cacaoyères, le faible pourcentage de la surface en association avec des vivriers et la charge en cabosses sont proches quelques soient les zones et les structures de production.

Si le verger permet aujourd'hui encore des productions de qualité, il nous faut nous interroger sur la qualité du matériel végétal actuellement planté quel que soit la structure de production. En effet les fécondations croisées réduisent de générations en générations la proportion de fèves à tendance *Criollo* ou *Trinitario*, ce qui ne pourra que réduire à terme le potentiel de qualité du verger. Ce constat milite pour une relance de la sélection variétale qui devra être suivie de la distribution massive d'un matériel végétal *Trinitario* à amande claire, quantitativement et qualitativement performant.

Sur le plan écologique, cette filière d'exportation présente l'indéniable avantage d'une production agroalimentaire sous couvert forestier. Ce dispositif agroforestier sera préservé de la pratique de l'agriculture sur brûlis, écologiquement destructrice, mais communément pratiquée dans de nombreuses régions malgaches tant que cette production cacaoyère sera économiquement plus intéressante pour les familles rurales que les autres productions agroalimentaires pratiquées dans la zone. Ainsi soutenir et améliorer la production cacaoyère permettra de maintenir cet espace boisé dans cette zone habitée limitrophe de la Réserve Naturelle Intégrale de Tsaratanana. A contrario, la disparition progressive de ce tampon agroforestier ne pourra que favoriser la pénétration de la population dans la zone protégée qu'est cette réserve.

Etude 2 : Caractérisation et éléments de différenciation des cacaos dans la vallée du Sambirano

Il existe une nette diversité des cacaos au sein de la zone du Sambirano. Les échantillons collectés représentent plusieurs diversités en fonction des zones, des structures de production, des procédés de transformation et des durées de fermentation.

Rappelons que malgré une disparité réelle, le cacao malgache est, au niveau international, gage de qualité, et ce, car dans sa globalité classé en cacao fin.

Les acteurs post-récolte du cacao dans le Sambirano

Nombreux sont les acteurs de la filière cacao dans le district d'Ambanja. La filière dite classique du producteur à la société export comprend beaucoup d'intermédiaires. Le cacao est vendu par les producteurs à des sous-collecteurs et/ou des petits collecteurs, qui revendent aux moyens collecteurs, lesquels revendent aux grands collecteurs. Deux filières courtes, les groupements de producteurs (ou les coopératives) et certaines sociétés qui produisent et transforment le cacao et le négocient directement avec les sociétés exports.

Le plus souvent les petits producteurs vendent le cacao en frais ou en cacao fermenté, non trié et insuffisamment séché. Le sous-collecteur aide le petit collecteur à rassembler le cacao frais. Le petit collecteur et le moyen collecteur achètent en frais, transforment et vendent le cacao fermenté non trié et insuffisamment séché. Le grand collecteur achète en frais et effectue la fermentation et le séchage ou achète du cacao le plus souvent insuffisamment fermenté en demi-sec et effectue la fin du séchage, le triage et le conditionnement.

Le cacao marchand est majoritairement destiné à l'export. Quelques rares entreprises implantées à Madagascar transforment les fèves de cacao. C'est le cas de la Société d'Exploitation de Cacao de Madagascar (SECAMAD) qui est implantée à Diego Suarez et produit de la masse de cacao et celui des chocolateries ROBERT et CINAGRA, deux sociétés malgaches qui produisent du chocolat.

Les ressources variétales du Sambirano

La première variété de cacao cultivée à Madagascar dans la région Ouest fût le Criollo en fin du 19^e siècle puis au début du 20^e furent introduits les cacaoyers Forastero qu'on appelle aussi « cacao Tamatave » à Madagascar.

Fruit de l'allogamie, au sein d'une même cabosse, on retrouve des fèves violettes caractéristiques Forastero, des fèves claires caractéristiques Criollo et des fèves de couleurs intermédiaires moyen clair type Trinitario (Echelle de couleur des amandes de la Figure 1).

Les comptages effectués dans différents vergers de la zone du Sambirano (coupe longitudinale sur 50 fèves sélectionnées aléatoirement) permettent d'avoir une première évaluation de cette diversité. Ils relèvent une majorité de fèves du type Trinitario (Tableau 8), une présence non négligeable de fèves claires de type Criollo et la présence d'environ une fève sur trois de type Forastero.

Pour les données obtenues il n'y a pas de différence variétale significative calculée entre la zone du Haut Sambirano et celle du Bas Sambirano, ni entre les vergers de la société SOMIA et ceux des paysans. La constitution variétale des vergers ne peut donc pas être la cause de la différence de la qualité des produits d'origine paysanne et d'origine industrielle.

Tableau 8 : Pourcentages extrêmes de fèves par couleur dans les vergers du Sambirano

Amande	Couleur A	Couleur B	Couleur C	Couleur D
Haut Sambirano	0	[0 ; 3]	[57 ; 66]	[32 ; 42]
Bas Sambirano	[4 ; 5]	[1 ; 20]	[42 ; 47]	[31 ; 35]
Vergers paysans	[2 ; 4]	[9 ; 12]	[46 ; 51]	[36 ; 40]
Vergers SOMIA	[4 ; 7]	[22 ; 28]	[41 ; 48]	[22 ; 28]

Echantillonnage

Pour le suivi des procédés de transformation, le prélèvement d'un échantillon de cacao est fait en fèves fraîches et à chaque étape de la transformation (brassage ou transvasement) et avant la mise au séchage. Le prélèvement de 3 kg de cacao frais (pour obtenir environ 1kg de fèves sèches) est réalisé en une fois au centre du contenant pour éviter les variations dues à la localisation des fèves.

Pour le procédé industriel et pour garantir la position dans le bac ou pour les microfermentations de Criollo, l'échantillon est inséré dans des filets placés au cœur de la masse. Après chaque prélèvement, le cacao est séché alternativement au soleil et à l'ombre jusqu'à atteindre une hygrométrie inférieure à 8 %. Pour un bon séchage, des brassages réguliers du cacao sont effectués.

Ces échantillons correspondent à :

- 6 suivis de fermentation en sac avec prélèvement aux jours 0, 3 et 5 ;
- 3 suivis de fermentation en bac en bois cloisonné avec prélèvement aux jours 0, 3 et 5 ;
- 6 suivis de fermentation en bacs en bois disposés en cascade. avec prélèvement aux jours 0, 2, 4, 5 et 6 ;
- 3 suivis de fermentation de fèves de cacao type Criollo (terme utilisé pour cette étude qui comporte un minimum de 80 % de fèves à amandes blanches) en bac en bois disposé en cascade avec prélèvement aux jours 0, 4 et 6.

Au total 51 échantillons ont été caractérisés.

Les procédés post-récolte mis en œuvre

La cabosse de cacao qui a atteint sa maturité est récoltée à l'aide de « la gafo » puis déposée dans des corbeilles ou des sacs. L'écabossage se fait manuellement dans le verger à l'aide d'un coupe-coupe « *meso be* » (Photo 3). Une fois les fèves extraites de la cabosse, l'opérateur sépare les fèves du rachis, puis enlève les fèves immatures, germées ou infectées s'il souhaite obtenir un cacao de meilleure qualité (Photo 4). Le cacao est transporté jusqu'au lieu de transformation dans des sacs ou des tonneaux en plastique, à têtes d'homme, sur des charrettes tirées par des zébus ou bien sur des véhicules motorisés.

Nous devons noter une pratique croissante de vol de cabosses dans les vergers, pratique qui pénalise les producteurs mais aussi donne des cacaos de mauvaise qualité par la cueillette de fruits immatures. Cette pratique est la conséquence de l'affluence à certaines périodes d'acheteurs non professionnels du cacao qui recherchent une opportunité financière et qui, ne se souciant en rien de la qualité du produit, achètent tout ce qu'ils peuvent.

Parmi les diverses variantes de procédés post-récolte mises en œuvre dans la zone du Sambirano, nous avons étudié les trois procédés de fermentation du cacao majoritairement appliqués :

- Une fermentation dans des sacs, en plastique tressé, pratiquée par environ 55 % des coopératives et par la très grande majorité des petits et moyens collecteurs et les producteurs individuels ;
- Une fermentation dans des bacs en bois cloisonnés posés au sol, mis en œuvre par certains moyens collecteurs et environ 40 % des coopératives ;
- Une fermentation dans des bacs en bois disposés en cascade (trois ou quatre rangées de bacs les un en dessous des autres), utilisée majoritairement par les grandes sociétés et certaines coopératives (environ 5 %).



La fermentation en sac

La fermentation en sac de polypropylène de récupération (conditionnement du riz) permet de traiter des petites quantités de fèves (Photo 5). Le sac peut contenir une quantité maximale de 12 kg de fèves fraîches. Dans la majorité des cas, ce contenant est privilégié pour obtenir du cacao dit standard et la fermentation est de courte durée (2 à 3 jours) et le séchage est partiel. Cependant on retrouve aussi des procédés de fermentation en sac, d'une durée de 4 ou 5 jours avec un brassage. Celui-ci est rempli parfois à moitié ou au $\frac{1}{2}$. S'il y a plusieurs sacs, ceux-ci sont mis les uns sur les autres à l'intérieur d'une cabane en rachis de Ravenala. Le séchage se fait au soleil selon les opérateurs sur des aires cimentées, des bâches plastiques ou des tapis en natte tressée. La durée moyenne est de 3 jours avec une exposition quotidienne moyenne de 8 heures au soleil. L'après-midi, le cacao est mis dans des sacs et rentré à l'intérieur des cabanes. Au bout des 3 jours, le cacao est mis en sac et vendu dès que possible à des collecteurs ou sociétés qui achètent les fèves semi-sèches. Ces opérateurs finiront le séchage et réaliseront un triage pour éliminer les fèves à défaut ou plates avant de les conditionner pour l'exportation.

La fermentation en bac cloisonné

Dans certaines structures, la fermentation est effectuée dans un bac en bois cloisonné, posé au sol ou bien dans deux bacs en bois séparés (Photo 6). Ce procédé permet de contenir un volume plus important que les sacs (200 à 250 litres de fèves fraîches correspondant entre 300 et 400 kg de fèves fraîches) et demande moins de place et d'investissement que les bacs en cascade. Notons que durant la période de l'étude, ce sont surtout des bacs vides non utilisés qui ont été répertoriés. Les propriétaires attendent la saison de haute production pour les utiliser alors que dans la période de faible production, ils fermentent en sac ou bien vendent en frais.

La fermentation en bacs en cascade

Le procédé de bacs en cascade est la référence qui permet d'obtenir la meilleure qualité (Photo 7). Il permet de fermenter et de brasser de gros volumes (1500 kg de fèves fraîches par bac (1,8 m x 1,2 m x 0,8 m), c'est pourquoi il est utilisé par les compagnies industrielles, les moyens producteurs de plusieurs dizaines d'hectares de vergers et certaines coopératives. Généralement ces dernières utilisent des bacs plus petits (1,2 m x 0,8 m x 0,8 m).

Principales pratiques selon les zones

Dans la zone 1, le Haut Sambirano, les producteurs vendent en frais à un collecteur proche qui effectue la fermentation et le séchage. Une minorité transforme et vende en fermenté-séché à de plus grands collecteurs.

On retrouve surtout les procédés de fermentation dans des sacs ou bien dans le cas de certaines coopératives, dans un bac unique ou dans des bacs en cascade (3 bacs). Dans la zone 2, le Bas Sambirano, l'accès aux grandes sociétés et aux exportateurs est possible (route bitumée, temps de transport court) et les petits producteurs préfèrent vendre en frais (entrée d'argent rapide et travail moindre) à des grands collecteurs, une coopérative ou aux sociétés industrielles.

Dans les 2 zones, les différents procédés de fermentation (en sac, bac cloisonné et bacs en cascade) sont pratiqués en fonction de l'opérateur.

Suivi des paramètres physico-chimiques

Le suivi de la température de la masse en fermentation est effectué à l'aide de thermoboutons ($-40 / + 85^{\circ}\text{C}$, ATL[®]) déposés au centre de la masse, ce qui permet de relever la température toutes les heures (résolution de $0,1^{\circ}\text{C}$).

Le Figure 7 relève une montée en température qui montre qu'il y a bien fermentation. Le pH est mesuré à chaque étape directement dans la masse de cacao à l'aide d'un pH-mètre portable (HI 9124, HANNA), à trois emplacements différents (calcul de la moyenne) pour être le plus représentatif de l'ensemble de la masse, ceci quelque soit le contenant. Cette élévation de température diffère en fonction de la durée.

Evolution de la couleur des fèves durant la fermentation

La couleur interne des cotylédons varie en fonction de la fermentation. Elle est constatée par la méthode du cut test. L'amande d'une fève non fermentée est de couleur blanche ou ardoisée selon la variété. Durant la fermentation, la couleur vire au violet pour ensuite devenir brun foncé (Figure 8). Pour les échantillons étudiés, aucune fève ardoisée n'est retrouvée après 3 jours de fermentation et plus de 90 % des fèves sont brunes après 5 jours de fermentation quel que soit le contenant (sac ou bac en cascade).

Composition chimique des fèves de cacao

Les échantillons prélevés à Madagascar ont une empreinte spectrale proche infrarouge qui est comparable à l'ensemble de la base de données des cacaos échantillonnés au Cirad. Le modèle prédictif mis en place pour caractériser la composition chimique du cacao peut donc être utilisé pour ces échantillons. Les teneurs en matière grasse, caféine, théobromine, ammoniac (NH_3), en épicatechine et ses oligomères (les dimères : les procyanidines B2 et B5 et le trimère : la procyanidine C1) de chaque échantillon ont pu ainsi être calculées. On observe une diversité des spectres sur l'ensemble des cacaos collectés, ce qui montre qu'il y a des différences dans les compositions biochimiques des échantillons. Cette différence spectrale peut être mise en exergue en faisant l'écart-type des absorbances mesurées à chaque longueur d'onde. On observe un écart-type important aux longueurs d'onde à 420 nm et à 639 nm qui correspond respectivement à la couleur bleu et à la couleur orange. Les échantillons n'absorbent pas à la même intensité ces longueurs d'onde : c'est à dire que la poudre de cacao reflète plus ou moins la couleur complémentaire, qui est orange brun et bleu vert. Les autres écarts-types importants sont au niveau des longueurs d'ondes 1724 nm et 2308 nm qui correspondent aux bandes d'absorption des $-\text{CH}_2$ des huiles et à 2056 nm qui correspond à la bande d'absorption des liaisons N-H des protéines.

La teneur en matière grasse des échantillons varient entre 50 et 58 % de matière sèche. Cette variabilité est observée au sein même d'échantillons ayant eu le même procédé et la même durée de fermentation. La teneur en azote ammoniacal augmente de 0 ppm pour des fèves non fermentées à 350 ppm pour les fèves fermentées. La teneur en polyphénols (épicatechine et ses oligomères B2, B5 et C1) diminue de 3,5 à 0,5 mg/g de matière sèche au cours de la fermentation mais ne disparaît pas complètement. Le Figure 9 permet la visualisation de la teneur des échantillons analysés et de repérer le degré de fermentation des échantillons.

Les fermentations en sac et en bac dit standard (de 3 jours de fermentations) ont peu d'azote ammoniacal alors que le cacao dit supérieur en contient en moyenne 1,5 fois plus. A titre de comparaison les teneurs en NH_3 pour Sac 5 j sont de 205 ppm, pour bac 5 j de 240 ppm et pour bac 6 j de 340 ppm.

L'impact du procédé de fermentation du cacao sur les caractéristiques sensorielles

L'ACP de la Figure 10 permet de visualiser les 51 liqueurs de cacao. Les axes 1 et 2 portent respectivement 67,29 % et 11,04 % de l'information.

Il apparaît globalement 2 groupes de liqueurs bien distincts. Le cercle vert regroupe les lots fermentés de 3 à 6 jours, le cercle rose les lots non fermentés ou avec 1 à 2 jours de fermentation.



La CAH¹⁵ a classé les 51 liqueurs en 2 groupes.

Le Figure 11 représente la moyenne des notes des échantillons regroupés par groupe pour chaque descripteur.

Pour le groupe 1 (cacaos non fermentés ou fermentés 1 ou 2 jours), les liqueurs sont plutôt corrélées aux descripteurs négatifs : pharmaceutique, astringence, sous-bois, animal, amertume.

Quant au groupe 2 (cacaos fermentés 3 à 6 jours), les liqueurs sont plutôt corrélées aux descripteurs positifs : odeur fruitée, doux et chocolat, saveurs acidulée, fruits rouges, fruits jaunes, doux, chocolat.

Analyse sensorielle

Les analyses ont été réalisées à la Réunion avec le concours de la confrérie des dégustateurs experts sous la supervision et participation de Sophie Assemet, expert du Cirad en analyses sensorielles et membre de l'académie du Chocolat.

Après préparation des liqueurs¹⁶, les échantillons ont été dégustés par un panel de 11 juges¹⁷. Compte tenu du nombre de 51 échantillons, 6 séances de dégustation ont eu lieu afin de faire déguster les 51 liqueurs en 2 répétitions (16 échantillons à déguster par séance et 19 pour les deux dernières séances).

Les tests statistiques et les analyses de données mis en œuvre pour le traitement des résultats sont réalisés par le logiciel XLStat module MX.

La Figure 12 relève la note de synthèse qualité attribuée par le jury pour les échantillons regroupés par procédé et durée de fermentation.

Les résultats des tests sensoriels pour la note moyenne de qualité (moyenne estimée/10) montrent que les procédés paysans en sac avec des durées de fermentation de 4 à 5 jours en bleu foncé dans graphe 12 donnent des produits plus appréciés par le jury que ceux du procédé industriel en Bac avec une durée de fermentation de 6 jours, en bleu clair dans le graphe 12.

Les analyses comparatives ont permis de mettre en évidence :

- Une saveur acide plus marquée pour le procédé de fermentation en bac qu'en sac mais peu de différence globale entre les deux procédés ;
- Une évolution des saveurs au cours de la fermentation des fèves de cacao quels que soient le procédé et le type de producteur. Une fermentation minimale de trois jours est nécessaire pour que les caractéristiques (végétal, astringent, animal) soient substituées par le descripteur « doux » à partir de trois jours et aboutissent aux caractères doux, fruité, chocolat pour les 5^e à 6^e jours de fermentation (idéalement de cinq à six jours selon le type de producteur) ;
- une cinétique différente de la fermentation selon la variété Criollo (note de préférence mieux notée après 4 jours de fermentation) ou Trinitario.

¹⁵ Classification ascendante hiérarchique.

¹⁶ La liqueur de cacao correspond à la masse de cacao chauffée à une température de 48 °C (température optimale pour ressentir les différentes saveurs) 45 minutes avant la dégustation.

¹⁷ Le jury est constitué de 11 juges : 4 hommes (1 expert, 2 confirmés, 1 initié), 7 femmes (1 experte, 4 confirmées, 2 initiées).

Le cacao marchand, dans la zone du Sambirano

Le cacao marchand, dans la zone du Sambirano, est classé en deux qualités : cacao « standard » correspondant principalement aux produits des familles rurales et le cacao « supérieur » par les sociétés industrielles et certaines coopératives. La production de cacao « standard » semble être l'objectif dans la grande majorité des lieux de transformation en paysannat. Ceci est dû principalement au fait que la majorité des clients demandent du cacao standard. Cette demande est traduite pour les producteurs individuels et les collecteurs par la mise en œuvre de procédés avec des durées de fermentation réduites de 2 à 3 jours, y compris pour certains producteurs qui disposent des installations et de la compétence pour faire du cacao supérieur. Ainsi les techniques de fermentation préconisées par la vulgarisation pour obtenir de la qualité supérieure, qui sont connues et comprises par les producteurs et les collecteurs, ne sont pas appliquées faute d'une valorisation qui justifierait des procédés de 5 à 6 jours. Voici une liste non exhaustive de déviations relevées chez des collecteurs, paysans et sociétés coopératives pour s'adapter à la demande des acheteurs en produit standard : pas de raclage des bacs ni de lavage des sacs, pas d'élimination des rachis lors de l'écabossage, parfois présence de fèves pourries et immatures, pas de couverture sur le cacao (tissu en jute ou feuilles de bananiers), pas de brassage, réduction de moitié du temps de fermentation, réduction du temps de séchage, mélange de cacao frais et de cacao partiellement fermenté, mélange sur l'aire de séchage de cacao en séchage depuis quelques jours avec du cacao en sortie de fermentation.

Discussions sur l'étude 2

Les indicateurs étudiés témoignent d'une fermentation quel que soit le procédé mis en œuvre, en sac avec ou sans brassage, en bacs en cascade ou en bac cloisonné. En effet, la température de la masse de cacao augmente jusqu'à dépasser 45 °C dans tous les procédés. L'évolution de la couleur des cotylédons d'ardoisée au brun, de même que la couleur de la coque de marron clair à marron foncé sont des indicateurs d'une bonne fermentation. L'augmentation de la teneur en azote ammoniacal et la diminution de la teneur en polyphénols qui sont des descripteurs fiables, se vérifient dans tous les procédés au cours de la fermentation.

Cette étude a montré que le procédé de fermentation en sacs mis en œuvre par les familles rurales permet d'obtenir lorsque la durée de fermentation est de 5 à 6 jours des produits de qualité équivalente à celle du procédé industriel en bac avec une fermentation de 6 jours.

Cependant les petits producteurs pratiquent des fermentations de durée réduite de 2 à 3 jours pour les causes principales relevées ci-après :

- La très forte demande des acheteurs en cacao standard ;
- La peur du vol au champ de cabosses immatures ;
- Le nombre d'intermédiaires qui se partagent la rente cacao (sous-collecteur, petit collecteur, moyen collecteur, grand collecteur, société exportatrice) ;
- Les petits volumes et les besoins monétaires qui conduisent les familles à vendre en frais une grande part ou la totalité de leur cacao à des collecteurs qui ne trouvent pas d'intérêt financier à assurer une fermentation de durée suffisante ;
- Un prix de vente identique pour le paysan et le collecteur primaire quelle que soit la qualité du produit, ce qui favorise la pratique de durées de fermentation courtes de 2 à 3 jours ;
- L'affluence à certaines périodes d'acheteurs non professionnels du cacao qui recherchent une opportunité financière et qui, ne se souciant en rien de la qualité du produit, achètent tout ce qu'ils peuvent trouver.



Avec 23 796 hectares, le verger cacaoyer malgache est l'un des plus petits des pays producteurs de cacao mais de par ses matériels végétaux plantés, l'un des rares qui disposent d'un très bon potentiel qualitatif. Malgré des caractéristiques organoleptiques très appréciées par les chocolatiers, la grande majorité des productions malgaches est achetée en « *cacao standard* » aux petits paysannats. Ces différents éléments montrent, au-delà d'une diversité apparente, une certaine homogénéité des cacaos de la zone. Si le négoce distingue deux catégories : le cacao standard et le cacao supérieur, l'étude montre un bon à très bon potentiel qualitatif en référence à la norme ISO 2451. Malgré la diversité variétale observée, l'importance de fèves claires (22 % en moyenne de type Criollo et Trinitario à fèves claires, Tableau 8 et Figure 1) attestée par le ratio théobromine-caféine confirme ce potentiel. Si ce potentiel est relativement bien exprimé par les plantations industrielles et certaines coopératives de « *Lazan'ny Sambirano* », il est globalement plutôt déprécié par les collecteurs et les petits paysans qui produisent intentionnellement et principalement du cacao standard, alors que les procédés de transformation du cacao qu'ils mettent en œuvre permettent la production de cacao supérieur lorsqu'ils sont bien conduits.

Conclusion sur les études exploratoires

Les résultats de ces études montrent l'homogénéité des vergers cacaoyers quelle que soit la zone ou la structure de production et une diversité des qualités de cacao dépendant principalement de la durée de fermentation appliquée. Les analyses dévoilent aussi que les paysans ne sont pas à l'origine de la dégradation des produits parce qu'ils vendent majoritairement leur cacao en fèves fraîches aux collecteurs.

La détermination de la composition chimique a mis en évidence la qualité du cacao de Madagascar grâce à l'identification de certains paramètres (teneur en polyphénols faible, teneur en aldéhydes élevée en fin de fermentation, présence de note florale et fruitée). La durée de la fermentation pour le développement d'une qualité optimale est comprise entre quatre et six jours selon le type de contenant pour la fermentation.

L'analyse sensorielle a permis de caractériser les cacaos au niveau organoleptique et préciser leur typicité. Le potentiel de qualité gustative est identique quel que soit le type de producteur (paysans, coopérative, collecteurs) pour le procédé de fermentation en sac pour des durées similaires. L'étude a montré que fermenter 5 à 6 jours selon les procédés utilisés par les paysans, on obtient une qualité équivalente à celle issue du procédé mis en œuvre par les industriels.

Il est donc permis aux familles rurales de produire du cacao supérieur, sans pour autant investir dans des unités de moyenne capacité, mais en assurant des durées qui permettent une complète fermentation des produits. Mais pour favoriser cette pratique de fermentation de 5 à 6 jours, il importe de mettre en place un système d'achat des produits à la qualité. Sans un tel système, les producteurs et les collecteurs ne trouveront pas d'intérêt à changer leurs pratiques et à améliorer le produit s'ils ne peuvent percevoir une meilleure valorisation.

Ces données préalables sont une bonne base pour donner des pistes de travaux de recherches à poursuivre pour une identification précise de la spécificité qualitative des cacaos de cette zone de production.

Devant les suspicions de certains importateurs sur la dépréciation de la qualité du produit malgache, dont une des sources pourrait être attribuée à la forte diversité des plants constituant les cacaoyères actuelles, des actions visant la réduction de cette diversité ont été démarrées.

RÉDUCTION DE LA DIVERSITÉ VÉGÉTALE DES VERGERS

La forte diversité végétale actuelle provient probablement de l'extension et de la densification post-année 80 des plantations à partir de semences. Le cacaoyer étant une plante majoritairement allogame à fécondation croisée, les plants obtenus à partir de semences prises sur un arbre-mère sont forcément hétérogènes. Ainsi, même si les semences proviennent d'arbre-mères Trinitario à 100 % de fèves blanches, la descendance F2 de « demi-frères » qui en résulte sera toujours hétérogène du fait de la disjonction des caractères hérités des parents Criollo et Forastero. Cette hétérogénéité est d'autant plus accentuée à cause du mélange de pollen répandu par les trois variétés cohabitant dans le même verger.

Les études précédentes ont montré que l'application de procédés post-récolte adéquats permet d'avoir des produits de qualité pour l'ensemble des cacaos du Sambirano. Cependant le rajeunissement de certaines plantations qui datent de plus d'une quarantaine d'années s'avère être une nécessité afin d'augmenter le rendement et, partant, raffermir le revenu des producteurs. On constate d'ailleurs actuellement une forte demande en jeunes plants pour l'extension de nouvelles cacaoyères dans cette zone et même ailleurs, sur la côte Est.

Dans ce contexte, le projet PARRUR QualiKKO s'est attaqué à deux actions qui devraient contribuer à réduire la diversité végétale tout en rehaussant la qualité organoleptique des fèves produites pour rester concurrentiel sur le marché international : (i) la création de champs semenciers biclonaux et (ii) la multiplication par embryogénèse somatique des clones sélectionnés.

Les champs semenciers biclonaux

C'est une alternative qui a l'avantage de donner des résultats rapides à moindre investissement. Cette méthode a été appliquée en Côte d'Ivoire (Lachenaud et Sounigo, 1997) pour fournir des semences améliorées. Elle nécessite la connaissance au préalable de la compatibilité des clones utilisés (Lanaud et al., 1987). Dans le cas de Madagascar, son adoption permettrait de réduire ostensiblement le coût de transport de jeunes plants surtout dans les zones enclavées du Haut Sambirano.

La technique consiste à multiplier par bouturage les arbre-mères sélectionnés, puis à les planter dans des champs isolés éloignés de toute plantation cacaoyère. Les semences à distribuer chez les planteurs seront issues de ces champs.

Pour ce faire, divers travaux préliminaires pouvant être exécutés durant la courte durée du projet ont été démarrés.

Inventaire des clones Criollo et Trinitario de la collection FOFIFA

Les anciens rapports de l'IFCC (1960 à 1972) font état de 72 clones composés de 42 Criollo purs introduites (IFM 1 à IFM 42) et 30 Trinitario (IFM 200 à 229) établis dans la station d'Ambanja.

Quarante cinq d'entre eux ont été conservés en parc à bois. Il en reste actuellement 22 clones rescapés des conséquences des aléas climatiques, mais surtout, des trentaines d'années de mise en veilleuse des activités du FOFIFA d'Ambanja, faute de crédit de fonctionnement. Le pourcentage de survivants varie de 0 à 44 %.

Parmi ces rescapés figurent des types Forastero purs (IFM205) et des Criollos et Trinitarios à pourcentage élevé de fèves claires (IFM 1, IFM 208, IFM 213, IFM 215 et IFM 227) (Tableau 9).

Les clones IFM1, IFM 215 et IFM 227 ont été retenus pour constituer les trois premiers champs semenciers biclonaux (CSB). La multiplication par bouturage des arbre-mères sélectionnés a été conduite au FOFIFA Ambanja après réhabilitation de la pépinière et des ombrières.

Tableau 9 : Inventaire des clones existants dans la collection de FOFIFA

Clones	Nb total	Nb survivants	% Survivants	% fèves blanches type Criollo	% fèves claires type Trinitario*	% fèves sombres type Forastero	Nb fèves observées
IFM 1	878	138	15,72	63	22	0	102
IFM 2	257	88	34,24	36	63	0	120
IFM 3	104	5	4,81				
IFM 14	52	14	26,92	36	63	0	116
IFM 15	232	16	13,22	55	45	0	70
IFM 201	1224	279	23,20	36	64	0	83
IFM 202	104	46	44,23	48	52	0	85
IFM 203	324	100	30,86	16	29	53	104
IFM 205	10	3	30,00	0	1	99	124
IFM 207	276	67	24,28	52	48	0	131
IFM 208	552	128	23,19	64	36	0	125
IFM 209	104	27	25,96	37	63	0	40
IFM 210	360	84	23,33	41	59	0	102
IFM 212	78	17	21,79	51	40	9	106
IFM 213	472	47	9,96	79	21	0	104
IFM 215	552	50	9,06	64	36	0	74
IFM 216	224	50	22,32	17	83	0	101
IFM 217	52	9	17,31				
IFM 218	260	39	15,00	51	41	8	108
IFM 219	104	30	28,85				
IFM 222	156	60	38,46	21	75	3	98
IFM 225	208	61	29,33	29	49	22	103
IFM 227	440	30	6,82	69	31		104
IFM 229	10	3	30,00				

* Fèves roses claires + violettes claires

Préparation des champs semenciers

Les champs semenciers sont constitués par la combinaison deux à deux des clones pro-venant des 3 arbre-mères sélectionnés, à raison de 5 lignes de 10 pieds par clone, soit un carré de 10 x 10 arbres (0,20 ha). Ces champs, entourés par une ceinture de haie vivante (*Calliandra sp.*, *Flemingia congesta*, ou *Gliricidia sp.*) ont été installés dans des endroits sécurisés sans cacaoyer dans un rayon de 50 m (Photos 10). De cette façon, on a la certitude que les semences que produit chaque champ biclonal proviennent de la combinaison génétique des 2 clones mis en présence. Un champ semencier peut produire jusqu'à 160 000 graines.

Dans le but de réduire le taux de fèves indésirables, les plantules à cotylédons colorés des semences provenant de chaque champ seront éliminées dès la levée en bacs de semis. Dans le futur, le ou les champs semenciers biconaux qui auront donné les meilleures combinaisons après expérimentation en champs, pourront être installés dans des sites proches des planteurs.

Durant le projet, seuls les travaux de préparation des terrains ont pu être réalisés : délimitation des parcelles, extraction et débardage des gros arbres, piquetage, trouaison, plantation des bananiers comme ombrage provisoire, plantation des haies vivantes, semis et suivi en pépinière des arbres d'ombrage définitif (*Albizia saman*).

Bouturage et greffage des candidats arbres-mères

La réhabilitation des ombrières (remplacement des piquets et des lattes en bambous, aménagement des puits d'eau, achat et installation de motopompes pour les arrosages) et des nurseries (confection de châssis et propagateurs, fabrication et stérilisation de substrats...) ont été un préalable pour l'exécution des travaux de bouturage et de greffage (Photos 11).

Bouturage

Le substrat utilisé pour le bouturage est composé d'environ 60 % de bonne terre tamisée, 25 % de terreau et 15 % de sable de rivière. Pour avoir un bon résultat, la récolte des baguettes semi-aoûtées doit être effectuée entre 6 et 8 heures du matin, après une période pluvieuse. L'arrosage est laissé à l'appréciation d'un pépiniériste hautement qualifié. La viabilité des boutures dépend effectivement de l'humidité du substrat : elles pourrissent en cas de forte humidité et dépérissent rapidement si le substrat reste longtemps sec.

La conduite des opérations de bouturage dans des bacs en châssis couverts s'avère très décevant jusqu'à la fin du projet. A notre avis, ce fait est lié au mauvais contrôle de l'humidité et de la température ambiante (écart relativement élevé entre la température diurne et nocturne à l'époque de l'opération). Les bouturages directs en pots plastiques donnent de bien meilleurs résultats. Les explants orthotropes ou plagiotropes en pleine turgescence, comportant deux nœuds, sont prélevés tôt le matin après une journée pluvieuse. Les feuilles sont coupées de moitié pour réduire l'évapotranspiration (Photos 12). Les boutures, enduites de miel (substitut de l'exubérone) et de poudre de charbon (oxygénation) sont ensuite plantées dans des pots plastiques contenant le substrat préalablement arrosé, et disposées dans les propagateurs sous une atmosphère confinée. La réussite de l'opération se manifeste par l'émission de racines et d'un nouvel axe aérien (Photos 13).

La réussite au bouturage de trois clones à haut pourcentage de fèves blanches présélectionnés pour constituer les champs semenciers biconaux ont été étudiés : IFM 1 affiche le meilleur résultat avec 76 % de réussite, suivi de IFM 227 (68 %) et de IFM 215 (56 %). Ces résultats sont encourageants étant donné le peu d'expérience des techniciens au moment de l'opération.

Greffage

Grefe-bouture

Cette technique couramment appliquée pour les caféiers a été pour la première fois transposée pour la multiplication végétative des cacaoyers. Elle consiste à combiner le greffage et le bouturage. Deux clones (IFM 205 type Forastero et IFM213 type Criollo) ont été choisis pour servir de porte-greffes (Photos 14 A).

La réussite des opérations varie selon les combinaisons porte-greffe/greffon. Le type Forastero IFM 205 s'avère être le meilleur porte-greffe (Figure 13).

Greffage sur pied franc en fente latérale

Le greffage direct en fente a été testé en utilisant une fois de plus le procédé utilisé pour les caféiers. Les porte-greffe sont des jeunes plants en pots âgés de 6 mois. Après ligature du raphia, une atmosphère ambiante humide est créée avec du sable légèrement mouillé dans un sac en plastique blanc, le niveau du sable étant ajusté jusqu'au-dessus de la blessure (Photos 14B). La ligature est contrôlée périodiquement jusqu'à la cicatrisation complète greffon. Le nombre insuffisant de pieds francs disponibles (5 pieds) au moment de l'opération ne permet pas d'avancer un pourcentage de réussite de cette méthode. Deux sur cinq sont malgré tout arrivés à terme.

Embryogénèse somatique

La seule façon de reproduire à l'identique les arbre-mères sélectionnés pour constituer un champ polyclonal demeure la multiplication végétative. Il n'est toutefois pas indiqué de procéder au bouturage classique pour satisfaire les besoins des planteurs (surface emblavée estimée à plus de 10 000 ha) car cette technique requiert des infrastructures lourdes et des moyens humains à coût trop élevé. La rentabilisation du ratio coût-efficacité de la multiplication végétative est actuellement possible grâce à la multiplication *in vitro*, et plus précisément, la technique d'embryogénèse somatique. Cet outil qui a déjà fait ses preuves sur différentes espèces de plantes pérennes comme le palmier à huiles (Kawh *et al.*, 1999), le caféier Arabica hybride (Etienne *et al.*, 2012) et aussi sur le cacaoyer (Maximova *et al.*, 2002) est la solution proposée par le projet QualiKKO pour résoudre à moyen terme l'hétérogénéité des fèves produites.

Au cours des 10 mois du projet, seules des mises au point préliminaires ont pu être conduites dans les laboratoires de l'IMRA qui dispose déjà d'infrastructures adéquates. En parallèle, un laboratoire a été aménagé et équipé dans les locaux de FOFIFA d'Ambanja et une technicienne, nouvellement recrutée par FOFIFA, a été formée par les experts de l'IMRA.

Les principales raisons du montage du laboratoire de culture *in vitro* à Ambanja sont : la proximité des arbres où l'on prélève les explants, la proximité des planteurs à qui l'on distribuera les jeunes plants dans le futur, le développement de la région, mais également par souci de pérennisation de l'opération.

Embryogénèse somatique

L'embryogénèse somatique est une des techniques de culture *in vitro* dont l'explant initial est un fragment d'organe. L'objectif est d'obtenir à partir des explants des cellules indifférenciées (cals) qui, par la suite, donneront des cellules embryogènes, lesquelles produiront à leur tour des plantes entières. Dans le cadre du projet PARRUR, les explants utilisés sont des fragments de feuilles issues de graines pré-germées en milieu stérile et des boutons des clones sélectionnés (Photos 15).

Les explants désinfectés avec différentes concentrations d'hypochlorite de sodium (2, 3 et 4 %) ou de calcium (2 et 3 %) sont cultivés sur un milieu contenant des éléments essentiels dont la plante a besoin (minéraux, eau, sucre, acides aminés) et des phytohormones : cytokinine pour la division des méristèmes et le débourrement des bourgeons, et auxine pour la formation racinaire (Photo 16 A-B). Les tubes de culture sont par la suite gardés à température ambiante et à l'obscurité dans l'étuve (Photo 16 - C). Le suivi s'effectue journalièrement.

Les meilleurs résultats de l'asepsie sont obtenus avec l'eau de javel à 2 % pour les feuilles (0 à 5 % de contamination) et l'hypochlorite de calcium à 3 % pour les fleurs (0 % de contamination).

La formation de cals à partir de boutons floraux collectés à Ambanja, ramenés par route à l'IMRA a été un échec. Le trajet Ambanja-Antananarivo a fait souffrir les fleurs et les microorganismes ont affiché une croissance exponentielle pendant le trajet. En revanche, à partir des feuilles stériles, 3 tubes sur 13 ont donné des résultats positifs après 10 jours de culture ((Photos 17).

A Ambanja, nonobstant la fréquence élevée des sources de contamination (T° élevée, humidité ambiante proche de la saturation) et le manque d'équipements appropriés pour la stérilisation, la maîtrise de l'asepsie a été une réussite. Lors d'une première manipulation, le taux de contamination des cultures varie de 10 à 80 % pour les fleurs et 10 à 40 % pour les feuilles. Après prise de précautions pour diminuer les risques de contamination (stérilisation sur pied avant collecte des feuilles et boutons floraux), aucun des tubes cultivés n'a été contaminé ((Photos 18).

Les cals apparaissent 7 jours après la mise en culture des explants floraux dans 12 tubes/50 dont 9/22 sur le milieu M1 et 3/28 sur PCG (Tableau 10). Il s'avère ainsi que c'est le milieu M1 qui est le plus approprié pour l'obtention de cals indifférenciés.

Tableau 10 : Les milieux de culture utilisés

Milieu M1		Milieu PCG	
Macroéléments	100 ml/l	Macroéléments	100 ml/l
Microéléments	10 ml/l	Microéléments	100 ml/l
Oligoéléments	10 ml/l	Oligoéléments	10 ml/l
Vitamine	1 ml/l	Vitamine	1 ml/l
Sucre	35 g/l	Sucre	20 g/l
BAP	2 ml/l	Glutamine	250 mg/l
2,4D	1 ml/l	Myo-inositol	100 mg/l
Agar	5 g/l	2,4D	2 ml/l
pH	5,6 à 5,8	Agar	5 g/l
		pH	5,6 à 5,8

Les 10 mois du projet étaient une période de diagnostic. Elle n'a permis qu'une évaluation du fonctionnement ou non celles des différentes techniques. Des résultats concrets ont été tout de même obtenus. Il est à signaler que la réussite de l'embryogénèse somatique nécessite impérativement l'utilisation de biofermenteurs (Photo 19).

Conclusion générale

Outre un revenu significativement supérieur aux autres produits d'exportation, le cacao présente l'avantage de procurer aux familles rurales un revenu hebdomadaire huit mois sur douze. La cacao-culture permet de maintenir une zone boisée avec des productions agroalimentaires sous couvert forestier, ce qui représente un grand intérêt écologique dans la région du Sambirano où les cultures sur brûlis réduisent d'année en année les surfaces boisées.



Dans un marché mondial dont la demande devrait s'accroître significativement avec l'augmentation de la consommation dans les pays émergents, la production malgache qui représente, bon an mal an, 4 000 à 6 000 tonnes de cacao marchand (entre 0,1 et 0,2 % des exportations mondiales selon les années) doit viser des marchés de niche « haut de gamme ». En effet avec des caractéristiques organoleptiques très appréciées par le négoce, le cacao du Sambirano, lorsqu'il est bien transformé, permet d'obtenir une qualité supérieure qui en fait l'une des origines les plus prisées.

Les données collectées permettent de compléter les informations sur les productions agricoles pérennes dans le Sambirano et de préciser les améliorations à mettre en œuvre pour une augmentation quantitative et qualitative de produits d'excellence.

En parallèle, le répertoire de matériel végétal de la collection et du parc à bois de FOFIFA a été remis à jour grâce au projet et complété au fur et à mesure par une base de données sur les caractères morpho-physiologiques, agronomiques et qualitatifs de chaque génotype.

Enfin, la mise en œuvre du projet signifie une nouvelle renaissance pour le centre FOFIFA d'Ambanja et lui permet d'élargir ses compétences à d'autres filières agricoles grâce aux infrastructures réhabilitées. La possibilité de pratiquer la culture in vitro ouvre de nouveaux horizons d'application sur des spéculations autres que le cacaoyer et ne manquerait pas d'activer la collaboration avec l'université d'Antsiranana, l'ESSA d'Antananarivo et les divers organismes de la région œuvrant pour la conservation de la biodiversité.

Il est tout de même à signaler que les dix mois du projet n'ont permis qu'un abordage sommaire des solutions proposées pour résoudre les principales problématiques de la cacaoculture malgache. La poursuite à terme, notamment de la mise en place des champs semenciers biclonaux et de l'embryogénèse somatique, est nécessaire pour que le projet aboutisse aux objectifs qui ont été fixés au départ.

Références bibliographiques

Barel, M., 2009 : *Du cacao au chocolat, l'épopée d'une gourmandise*. Edition Quae.

Bousquet E., 2013 : *Caractérisation et éléments de différenciation des cacaos dans la vallée du Sambirano à Madagascar*, diplôme d'ingénieur de Montpellier SupAgro en Systèmes Agricoles et Agroalimentaires Durables au Sud.

Cheesman E. E., 1944 : Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cacao population. *Tropical Agriculture* ; 21 : 143-159.

Chen-Yen-Su Alexandre, 2014 : *Analyse morphologique et profils aromatiques, sensoriel du cacao du Sambirano*, Mémoire de Master 2, Université de la Réunion, UFR des Sciences et Technologies.

Cuatrecasas J., 1964 : Cacao and its allies a taxonomic revision of the genus Theobroma. Contributions from the United States National herbarium, *Washington*. 6: 376-614 tome 2 ; 571 p.

Daily-bourse, 2013 : Editeur/hebergeur : AmaryWeb. *Cours du cacao* [en ligne]. Disponible sur « <http://www.daily-bourse.fr/cours-CACAO-commo.php> », (consulté le 30/09/2013)

Dandouau A., : *Ressources naturelles à Madagascar et évolution de l'Agriculture dans l'île de Sainte Marie à Madagascar*.

Etienne H., Bertrand B., Montagnon C., Bobadilla Landey R., Dechamp E., Jourdan I., Alpizar E., Malo E., Georget F., 2012 : Un exemple de transfert de technologie réussi dans le domaine de la micropropagation : la multiplication de *Coffea arabica* par embryogénèse somatique. *CahAgric* 21 : 115-124.

Figueira, 1992 : Genome size and DNA polymorphism in Theobromacacao. *Journal of the American Society of Horticultural Science*. 117: 673-677. International CocoaOrganization ICCO [site en ligne]: «<http://www.icco.org>».

JJustenson J.S, Norman W.M, Campbell L. and Kaufman T., 1985 : The Foreign Impact on Lowland Mayan language and Script. *Middle American Research Institute Publication* 53.

Kawh CH., Ng SK. and Thong KC., 1999 : Commercial production of clonal palms by tissue culture-prerequisites, constraints and issues. In : *Proceeding of the 1999 PORIM International Palm Oil Congress-Agriculture. Emerging Technologies and opportunities in the Next Millenium*. Palm Oil Research Institute of Malaysia (PORIM), Kuala Lumpur, Malaysia.

Lachenaud P. et Sounigo O., 1991 : Production de semences de cacaoyer en Côte d'Ivoire. Influence des proportions relatives des parents d'un champ semencier biclonal sur la quantité, la qualité et l'origine génétique des semences. *Café, Cacao, Thé (Paris)*, 35, n°2, 105-112.

Lanaud, C., Sounigo O., AmefiaY. K., Paulin D., LachenaudP., et Clément D., 1987 : Nouvelles données sur le fonctionnement du système d'incompatibilité du cacaoyer et ses conséquences pour la sélection. *Café, Cacao, Thé (Paris)*, 31, n°4, 267-277.

Maximova S. N., Young A., Pishak S., Miller C., Traore A., Guiltinan M. J. 2005 : Integrated System for Propagation of Theobroma cacao L. *Protocol for Somatic Embryogenesis in Woody Plants and Forestry Sciences*. Vol 77, pp 209-227.

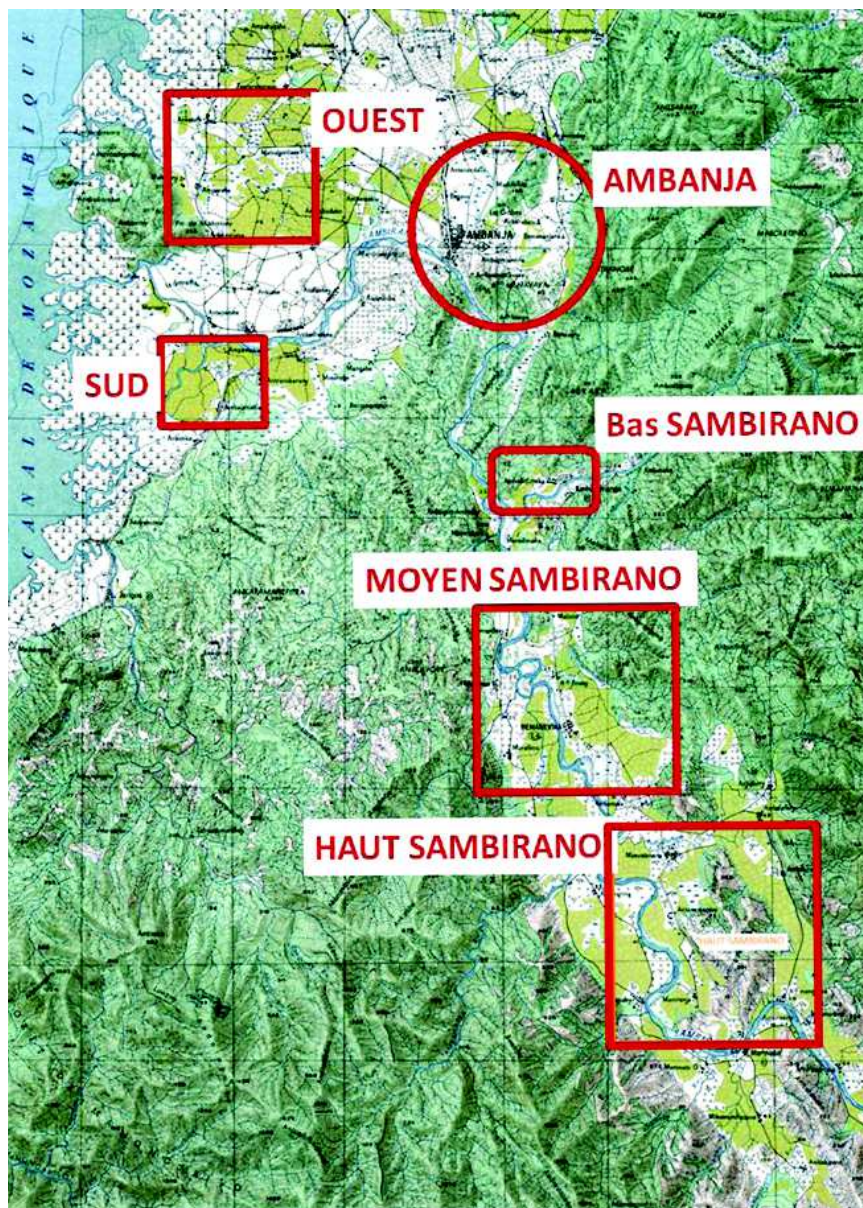
MEFB, *Institut National de la Statistique, les 22 régions de Madagascar en chiffres*, novembre 2004.

PAE ED François, *Gouverneur des Colonies, ancien Inspecteur général de l'agriculture L'œuvre agricole de la France à Madagascar*.

Rahaingosambatra D.,H., 2014 : *Etude des dispositifs de culture de cacaoyers en agroforesterie dans le Sambirano par l'évaluation de leur potentiel de productivité et l'appréciation de la qualité des produits*, Mémoire de Master 2, Université d'Antananarivo, Faculté des sciences, Département de biologie et écologie végétales.

Stone D., 1984 : *Pre-Columbian migration of Theobroma cacao Linnaeus and Manihotesculenta Crantz from Northern South America into Mesoamerica: a partial hypothetical view*. In: *Pre-Columbian Plant Migration*. Cambridge, MA, Harvard University Press. pp 67-79, 81-83.

Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale. 17^e année, bulletin n°192-193, août-septembre 1937. pp. 610-618. Les débuts de la colonisation agricole à l'île Sainte-Marie de Madagascar.



Carte 1 : Découpage de la région étudiée en 7 unités géographiques



Photo 1 : Cacaoyère dans le Sambirano



Photo 2 : Fructification cacaoyère



Photo 3 : Ecabossage



Photo 4 : Elimination des rachis



(A) Amande blanche type Criollo
(B) Amande claire type Trinitario
(C) Amande violet clair type Trinitario
(D) Amande foncée type Forastero

Figure 1 : Echelle de couleur des amandes



Photo 5 : Fermentation en sac



Photo 6 : Fermentation en bac cloisonné



Photo 7 : Fermentation en bacs en cascade



Photo 8 : Coupe de fèves pour évaluer la casse



Photo 9 : Séchage sur natte en paysannat

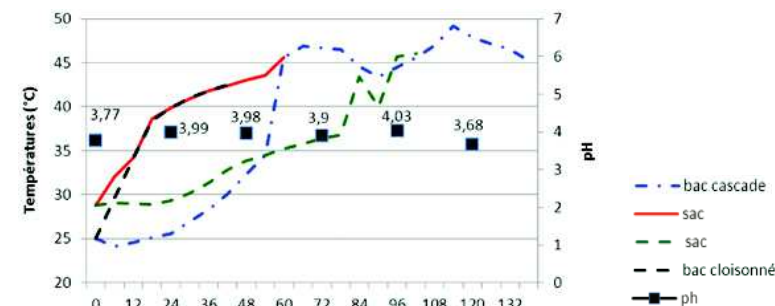
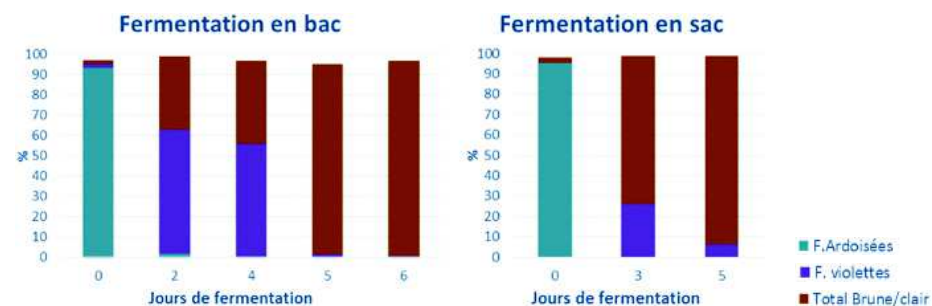


Figure 7 : Evolution des températures lors de la phase de fermentation en fonction de la durée et du contenant



Les cotylédons ou fèves de couleur ardoisée correspondent à une fermentation nulle ou insuffisante. Ces fèves ardoisées sont comptabilisées comme fèves à défaut.

Figure 8 : Evolution de la couleur des fèves durant la fermentation caractérisée par un cut test

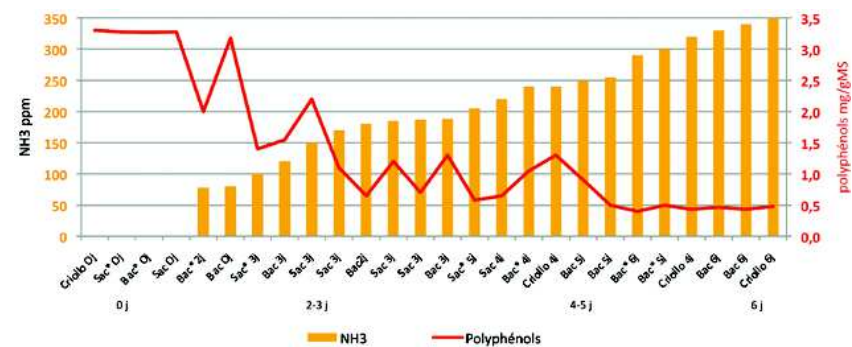


Figure 9 : Evolution des teneurs en polyphénols et NH3 en fonction de la fermentation

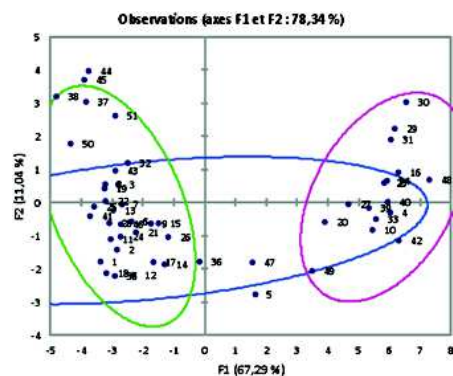


Figure 10 : ACP des 51 échantillons

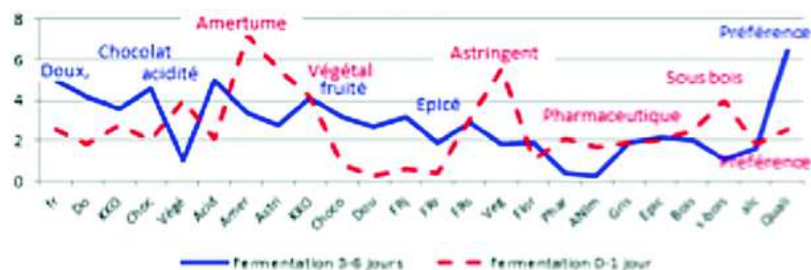


Figure 11 : Profil des liqueurs selon la CAH (classification ascendante hiérarchique)

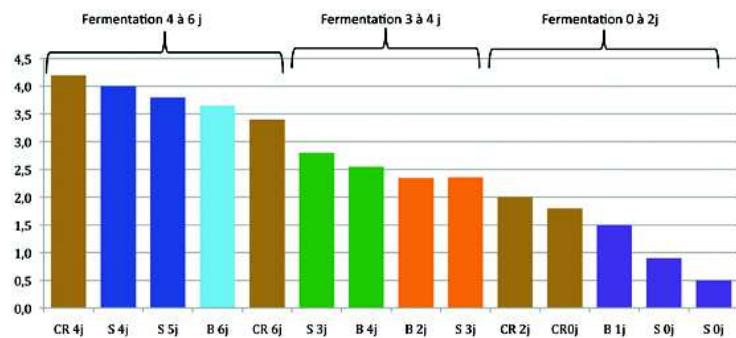


Figure 12 : Synthèse de la note de qualité des échantillons en fonction du procédé et de la durée de fermentation

CR correspond à Criollo, S à sac et B à bac. Les lettres sont suivies du nombre de jour de fermentation



© J.J. Rakotomalala



© J.J. Rakotomalala

Photos 10 : Champs semenciers avec les haies vives



© J. Kalo



© J. Kalo

Photos 11 : Propagateurs amovibles



© F. Randrianaivoarivony



© F. Randrianaivoarivony



© F. Randrianaivoarivony



© F. Randrianaivoarivony

(A) Rejet orthotrope

(B) Rejet plagiotrope

(C) Explant à 2 noeuds

(D) Réduction de moitié de feuilles

Photos 12 : Préparation des boutures



(A) Empotage

(B) Mise en propagateur

(C) Reprise

Photos 13 : Opération de bouturage



(A) Greffe bouture

(B) Greffe sur pied franc en fente latérale

Photos 14 : Techniques de greffage

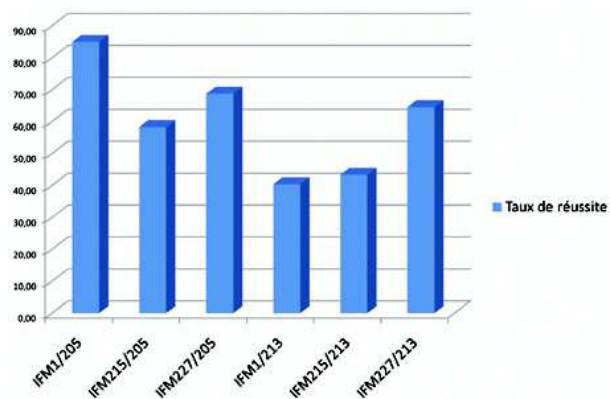


Figure 13 : Taux de réussite des greffe-boutures (Source : F. Randrianaivoarivony)



Fèves fraîches sélectionnées

Culture sur milieu de germination

Suivi dans la salle de culture

Photos 15 : Germination in-vitro de fèves



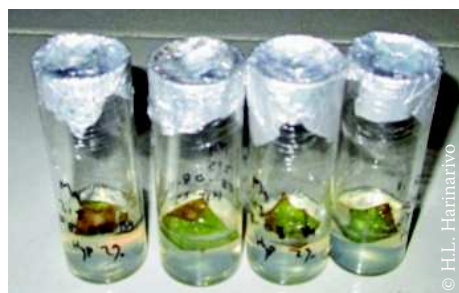
(A) Organes de prélèvement d'explants



(B) Mise en culture sous hotte à flux laminaire

(C) Mise en culture à l'obscurité dans l'étuve

Photos 16 : Etapes préliminaires de l'embryogénèse somatique



(A) Explants de feuilles



(B) Cals obtenus à partir d'explants de feuilles

Photos 17 : Calogénèse à partir d'explants de feuilles et de fleurs



(A) Prétraitement des feuilles



(B) Prétraitement des boutons floraux



(C) Boutons floraux prétraités

Photos 18 : Prétraitement sur pied à l'hypochlorite de calcium (3 %) pour les fleurs et à l'eau de javel (2 %) pour les feuilles



Photos 19 : Batterie de biofermenteurs

Pour l'optimisation de la qualité des produits du giroflier de Madagascar (clous et huiles essentielles) : étude des facteurs de leurs variabilités

Optimization on the quality on the clove tree from Madagascar (Cloves buds and essential oil): Studies of the factors of their variability

G. RAZAFIMAMONJISON^{1,2,3,*}
R. BOULANGER⁴
M. JAHIEL^{2,3,5}
M. RAKOTOARISON¹
R. SANDRATRINIAINA¹
J. RASOARAHONA¹
P. RAMANOELINA¹
F. FAWBUSH¹
M. LEBRUN⁴
P. DANTHU^{2,6,7}

(1) Université d'Antananarivo, École Supérieure des Sciences Agronomiques, BP 175, Antananarivo, Madagascar

(2) DP Forêts et Biodiversité, BP 853, Antananarivo, Madagascar

(3) Centre Technique Horticole de Tamatave, BP 11, Tamatave, Madagascar

(4) CIRAD, UMR PERSYST « QualiSud », Food Processing Research Unit, 73, rue J.F. Breton, 34398 Montpellier Cedex 05, France

(5) CIRAD, UPR Hortsys, PS4, Boulevard de la Lironde, 34392 Montpellier Cedex 05, France

(6) CIRAD, UR 105, Campus de Baillarguet, 34392 Montpellier Cedex 05, France

(7) CIRAD, Direction régionale à Madagascar BP 853, Antananarivo Madagascar

* Corresponding author Email: rdinagaylor@yahoo.fr